

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



БЕЛЮ ЛЮДМИЛА ПЕТРОВНА

**ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЯ ЯБЛОК В ТАРЕ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ
ПЕРЕВОЗКАХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Симдянкин Аркадий Анатольевич

Рязань 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	10
1.1 Использование автомобильного транспорта в сельском хозяйстве	10
1.2 Сельскохозяйственные грузы, дороги и погода	16
1.3 Анализ факторов, влияющих на производственный процесс внутрирайонной перевозки сельскохозяйственной продукции.....	29
Выводы по первой главе	33
Глава 2 МЕТОДЫ И МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ	35
2.1 Транспортировка и показатели повреждаемости сельскохозяйственных грузов	35
2.2 Учет в математической модели, используемой для оптимизации перевозки грузов, дорожных и природно-климатических условий	46
Выводы по второй главе	52
Глава 3 ОБЩАЯ И ЧАСТНЫЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ	53
3.1 Общая методика исследования	53
3.2 Частные методики исследования	59
3.2.1 Использование экономико-математических моделей	59
3.2.2 Методика исследования оценки ускорений при перевозке сельскохозяйственных грузов	64
3.2.3 Методика оценки сохраняемости яблок после их транспортировки в кузове автомобиля	70
Выводы по третьей главе	72

Глава 4	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГРУЗОПЕРЕВОЗКИ ЯБЛОК НА ДОРОГАХ С РАЗЛИЧНЫМ ПОКРЫТИЕМ С ОЦЕНКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА РАЗРАБОТАННЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ.....	73
4.1	Оценка ускорений плодов яблок при их перевозке в таре на дорогах с различным покрытием	73
4.2	Оценка сохраняемости плодов яблок после их транспортировки в кузове автомобиля	85
4.3	Построение номограмм и оценка экономического эффекта ...	94
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	105
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	109
	ПРИЛОЖЕНИЯ	123

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. За последнее десятилетие мы наблюдаем постоянный и неуклонный рост объема произведенной в РФ сельскохозяйственной продукции. При этом объем продукции животноводства увеличился почти вдвое, а растениеводства – втрое. В различных федеральных округах Российской Федерации наблюдается существенное отличие в объеме произведенной сельскохозяйственной продукции, так, например, на долю Центрального ФО производство продукции растениеводства приходится 28%, а на долю Северо-Западного ФО – лишь 3%. Такой дисбаланс объясняется природно-климатическими условиями и территориальным устройством государства. Однако потребность жителей различных округов в приобретении «типовой» корзины сельскохозяйственной продукции практически одинакова. Поэтому возникает объективная необходимость в перевозке сельскохозяйственной продукции по всей территории Российской Федерации.

Перевозка сельскохозяйственной продукции осуществляется всеми видами транспорта. Важное место среди них занимает перевозка с помощью автомобильного транспорта. Однако использование данного вида транспорта при перевозке сельскохозяйственной продукции имеет ряд особенностей, которые заключаются в наличии дорожной инфраструктуры, состоянии дорожного покрытия, влиянии погодно-климатических условий на транспортировку продукции и пр. Это приводит к возникновению сложностей при организации транспортировки сельскохозяйственной продукции, так как данная продукция разнообразна, часть из нее отличается склонностью к замерзанию, быстрому изменению характеристик и свойств под воздействием не только климатических факторов, но и в результате воздействий колебаний, возникающих в процессе транспортировки.

Развитая транспортная система чрезвычайно важна для эффективного сельскохозяйственного маркетинга. Если транспортные услуги, т.е. услуги перевозки сельскохозяйственных грузов, нечастые, «некачественные»

(приводящие к большим потерям при транспортировке) или дорогие, то производители сельскохозяйственной продукции оказываются в крайне невыгодном положении. Сезонно непроходимые дороги в сочетании с несоответствующими перевозимой продукции условиями транспортировки могут привести к огромным потерям сельскохозяйственных культур, в первую очередь, свежих овощей и фруктов. Если транспортный маршрут грузоперевозок пролегает через дороги с покрытием из щебня или грунтовые дороги, то перевозка сельскохозяйственных культур, например, фруктов может быть даже убыточной в связи с большой порчей товара. Поэтому транспортные расходы играют решающую роль в выявлении связи между доступностью продукции сельскохозяйственного производства и развитием сельского хозяйства.

Хорошо известны высокие европейские требования к качеству экспортируемой сельскохозяйственной продукции, включающие в частности такие параметры, как лежкость, повреждаемость, чувствительность к патогенам, качество после охлаждения, качество после обработки. Часто эти параметры, например, повреждаемость продукции в процессе транспортировки и ее сохранность определяется сортами овощей и фруктов. Однако переход к устойчивым повреждениям сортам не означает сохранение исходного вкуса, который нравился потребителям. Кроме того, применение новейших технологий перевозки, техники и упаковки не гарантирует отсутствие механических воздействий при перевозке продукции. Охлаждение при перевозке различных овощей и фруктов, несмотря на разбиение их по категориям (низкой, средней и высокой чувствительности) и учета их при транспортировке, тем не менее, может существенно снижать качество продукции, при этом повреждения от переохлаждения обычно становятся видны невооруженным глазом. Работы по снижению повреждаемости плодоовощной продукции в процессе транспортировки затрагивают, в основном, проблему, связанную с тарой, которая,—во многом определяют сохранность.

Проведенный в работе анализ показал, что отсутствуют данные по оценке воздействия возникающих в процессе транспортировки колебаний на повреждения продукции, в том числе в зависимости от дорожного покрытия.

Степень разработанности темы. Исследования проводятся по следующим направлениям: использование машинно-тракторного парка, использование техники и поддержание ее работоспособности, технические средства транспорта и их использование в сельскохозяйственном процессе, а также вопросы обеспечения транспортно-технологического обслуживания агропромышленного комплекса.

Научную базу составляют исследования, проводимые в ведущих аграрных вузах страны, таких как Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Воронежский государственный аграрный университет имени Петра I, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ФНАЦ ВИМ и др.

Вопросами повреждения сельскохозяйственной продукции на внутрихозяйственных перевозках занимались Бышов Н.В., Борычев С.Н., Батищев И.И., Голиков А.А., Зернов В.Н., Зеленин Ю.Л., Измайлов А.Ю., Ипатов А.А., Ксенович И.П., , Колчин Н.Н., Петухов С.Н., Пономарев А.Г., Рябов И.М., Симдянкин А.А., Успенский И.А., Шалягин В.Н., Юхин И.А. и другие ученые.

Во многих исследованиях рассматривается создание оптимального парка машин и разработки методов эффективного их использования, однако практически не затрагиваются вопросы оценки повреждений сельскохозяйственных грузов при перевозке по дорогам с различным покрытием и формирование тарифов перевозок с учетом погодных условий и дорожного покрытия.

Цель диссертационного исследования – оценка повреждения яблок в таре на основе учета ускорений плодов, возникающих при автомобильных перевозках.

В рамках реализации поставленной цели предполагается решение следующих задач исследования:

- проанализировать существующие методы и модели, описывающие грузоперевозки, в том числе сельскохозяйственной продукции;
- провести анализ влияния различных дорожных условий на повреждения плодов при грузоперевозке;
- разработать математическую модель оптимизации транспортной задачи грузоперевозки с учетом изменения погодных и дорожных условий на основе учета ускорений перевозимого груза;
- разработать номограммы изменения влажности яблок от ускорений, которым они подвергались при транспортировке, и времени их последующего хранения; процента переоценивания (снижения сортности) яблок в зависимости от ускорений и времени последующего хранения; увеличения тарифа от погодных условий и дорожного покрытия, а также оценить экономическую эффективность проведенных исследований.

Объект исследования – производственный процесс грузоперевозки яблок в таре.

Предмет исследования – процесс маршрутизации грузоперевозок яблок в таре на основе минимизации ускорений плодов и показатели их экономической эффективности.

Научная новизна результатов проведенных исследований заключается в системном анализе влияния различных дорожных и погодных условий на сохраняемость плодов при грузоперевозке; модификации математической модели, используемой для оптимизации транспортной задачи грузоперевозки с учетом изменения погодных и дорожных условий на основе оценки ускорений перевозимого груза; разработке номограммы определения влажности яблок и последующей их сохраняемости от ускорения плодов в процессе перевозки и времени их хранения.

Теоретическая значимость заключается в системном анализе влияния различных дорожных условий на повреждение плодов при грузоперевозке. Модифицирована математическая модель оптимизации транспортной задачи

грузоперевозки с учетом изменения погодных и дорожных условий на основе предварительной оценки ускорений перевозимого груза.

Практическая значимость заключается в разработанных номограммах изменения влажности яблок от ускорений и времени их последующего хранения, переоценивания (снижения сортности) яблок в зависимости от ускорений и времени последующего хранения, а также увеличения тарифа от погодных условий и дорожного покрытия. Новизна технического решения подтверждена патентом на изобретение № 2703409.

Методология и методы исследования. Исследования, представленные в работе, базируются на общих и частных методиках исследования: методы и модели, используемые для описания процессов транспортировки сельскохозяйственных грузов, методы анализа показателей повреждений грузов.

Положения, выносимые на защиту:

- математическая модель выбора оптимального маршрута грузоперевозки скоропортящейся продукции и продукции, подверженной повышенной травмируемости (на примере яблок), которая учитывает погодные и дорожные условия, в том числе путем наложения запретов на определенные направления маршрута перевозки;

- номограмма определения влажности яблок и их последующей сохраняемости от ускорения плодов в процессе перевозки и времени их хранения, позволяющая прогнозировать сохраняемость плодов с учетом сложившихся или прогнозируемых условий транспортирования;

- результаты лабораторных и производственных испытаний с последующей экономической оценкой разработанных предложений.

Степень достоверности результатов проведенных исследований обусловлены проведением экспериментальных исследований, в которых использовались современные методики, оборудование и программное обеспечение. Сформулированные в работе выводы подтверждаются сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований (5,1% – для контрольной группы и 2,9% – для экспериментальной). Полученные результаты согласуются с данными, опубликованными в

независимых источниках по тематике исследования, прошли апробацию и опубликованы в печати.

Реализация результатов исследования. Предложенная методика выбора оптимального маршрута прошла реализацию в ООО «Силумин», г. Рязань.

Вклад автора в решение поставленной задачи состоит в обосновании цели исследований, проведении теоретических и экспериментальных исследований, формировании частных методик исследования, а также математической модели маршрутизации, последующем обобщении полученных результатов и формулировании выводов и рекомендаций для производства.

Апробация результатов. Основные положения диссертации докладывались на Международной научно-практической конференции – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.Л. Огарева, 2018; Международной студенческой научно-практической конференции – Рязань: – РГАТУ, 2019; Международной научно-практической конференции – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.Л. Огарева, 2017; 68-й Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России – Рязань: РГАТУ, 2017; 70-й Международной научно-практической конференции – Рязань: РГАТУ, 2019.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 12 печатных работах, в том числе в 3 статьях в изданиях, включенных в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» ВАК РФ, одном патенте РФ на изобретение, 2 статьях в базе Scopus, 1 – в WoS. Общий объем публикаций составляет 5,312 печатного листа, из которых 3,21 печатного листа принадлежит лично соискателю.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 115 наименований, 8 приложений, изложена на 152 страницах, содержит 69 рисунков, 14 таблиц и 22 формулы.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Использование автомобильного транспорта в сельском хозяйстве

Продовольственная безопасность, заключающаяся в возможности и способности государства обеспечить население в продуктах питания, является одним из основных индикаторов экономической безопасности страны. Обеспечивается продовольственная безопасность исключительно посредством развития сельскохозяйственного производства – основной отрасли российской экономики.

Сельскохозяйственное производство представляет собой сложный агропромышленный процесс. Современное развитие сельского хозяйства позволяет отнести его к сложной социально-экономической системе, которая состоит из множества подсистем, ключевой подсистемой которой является материально-техническая база. Основу данной подсистемы составляют транспортные средства и транспортная инфраструктура.

Технический прогресс в сельском хозяйстве за последние годы все больше приводит к объединению транспортных средств и других сельскохозяйственных машин в единый производственный процесс. Чем выше уровень развития производства, тем больше возможностей для разработки и внедрения совершенных машин и орудий труда, а, следовательно, и для повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Процесс производства сельскохозяйственной продукции протекает в разных природно-экономических условиях, влияющих на технологию и организацию производства. Все это вызывает необходимость наличия в сельском хозяйстве несколько разнородных типов и систем машин, к числу одной из них относится грузовой автотранспорт [52].

Наблюдаемый постоянный и неуклонный рост объема произведенной в нашей стране сельскохозяйственной продукции (при этом объем продукции животноводства увеличился почти вдвое, а растениеводства – втрое), требует

новых подходов к решению транспортных проблем, а именно тех, которые касаются перевозки сельскохозяйственной продукции.

Достаточно подробно в научных исследованиях рассмотрены вопросы с использованием технических систем и транспортных средств в сельскохозяйственном производстве. Более 90 лет идет создание научной инженерно-технической сети с создания в 1928 году Всесоюзного института сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ), основной целью которого являлось создавать новые, более совершенные, технологически сложные элементы сельскохозяйственной техники. На базе данного НИИ были разработаны основы теоретических исследований в области сельскохозяйственной техники и сформированы научные и конструкторские школы машиностроения для обеспечения сельскохозяйственного производства.

Так как в сельском хозяйстве используются разнообразные виды техники, то и исследования ведутся по всем направлениям, а именно использование машинно-тракторного парка, использование техники и поддержание ее работоспособности, технические средства транспорта и их использование в сельскохозяйственном процессе, а также вопросы обеспечения транспортно-технологического обслуживания агропромышленного комплекса.

Одним из ведущих научно-исследовательских центров агроинженерной науки является федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)[115].

Артюшин А.А., Бисенов В.Ф., Годжаев З.А., Измайлов А.Ю. занимаются исследованием вопросов от создания экологически безопасных автомобилей, интенсивных машинных технологий, техники нового поколения для использования в сельскохозяйственном производстве до обоснования уборочно-транспортных процессов [21, 40, 41, 42, 43, 44, 45].

Научную базу составляют исследования, проводимые в ведущих аграрных вузах страны, таких как Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Воронежский

государственный аграрный университет имени К.Д. Глинки, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева и др.

Так, например, вопросы моделирования транспортных процессов в агропромышленном комплексе и сельскохозяйственного производства рассматриваются в научных исследованиях Беккера М.Г., Гатаулина А.И., Гобермана В.А., Пехутова А.С., Рихтера К.Ю. и др. [5, 19, 20, 59, 60, 61, 71].

В монографии «Оптимизация состава грузового автомобильного транспорта и его использование в сельскохозяйственных предприятиях», подготовленной коллективом авторов Воронежского государственного аграрного университета имени К.Д. Глинки, обобщены теоретические и методические основы системы транспортного обеспечения в сельскохозяйственных предприятиях, отражены особенности информационного обеспечения управления и учета работы автомобильного транспорта и использования технологий ГЛОНАСС/GPS в управлении автомобильным транспортом [52].

Вопросы использования в сельском хозяйстве технических транспортных средств рассмотрены в научных работах Батищева И.И., Зеленина Ю.Л., Ипатов А.А., Ксеневича И.П., Шалягина В.Н., и других работах [4, 47, 79, 80, 85].

Вопросы безопасности дорожного движения в части транспортировки сельскохозяйственной продукции, в том числе легкоповреждаемой плодоовощной продукции и использования технологий ГЛОНАСС/GPS в управлении автомобильным транспортом, а также повышения эффективности эксплуатации автотранспорта и мобильной сельскохозяйственной техники отражены в работах Аникина Н.В., Бышова Н.В., Борычева С.Н., Голикова А.А., Рембаловича Г.К., Симдянкина А.А., Успенского И.А. Юхина И.А. и др. [1, 2, 3, 53, 54, 57, 58, 62, 68, 76, 87, 89]

Энергетический анализ цикла колебаний, эффективности, выбора оптимальных параметров подвески автомобиля, обеспечивающих его активную безопасность в различных условиях движения, а также алгоритмы выбора

технологической доставки различных грузов рассмотрены в работах Рябова И.М., Горина В.В., Ковалева А.М. Чернышова К.В. [72, 73, 75, 78, 99].

Вопросы повреждаемости, повышения сохранности плодоовощной продукции при транспортировке автомобильным транспортом рассмотрены Раюшкиной А.А. Автор исследовал закономерности повреждаемости плодов и овощей, возникающих в процессе перевозки автомобильным транспортом, и разработал на этой основе рекомендации, направленные на повышение сохранности данного вида продукции [70].

Изменению физико-механических свойств плодоовощной продукции, возникающих в процессе транспортировки, посвящены работы отечественных и зарубежных исследователей, таких как Беренштейн И.Б., Заводнов В.С., Хачатрян Х.А., Тарджуманян Г.В., М. O'Brien, R.P. Singh, L.L. Clay-pool [14, 15, 35, 36, 37, 83, 84, 106,107].

Одной из детерминант, влияющих на повреждение сельскохозяйственной продукции, является ускорение, возникающее при движении автотранспортного средства.

В работе [104] были предложены эмпирические коэффициенты, определяющие допустимые величины ускорений, возникающих при колебаниях по отношению к разным культурам плодоовощной продукции (таблица 1.1)

Таблица 1.1 – Коэффициенты, определяющие допустимую амплитуду колебаний ТС [104]

Культура и состояние ее зрелости	Эмпирические коэффициенты	
	H, м/с ²	P, м/с
Яблоки	0,3...1,42	5,03...5,22
Помидоры красные	2,83...4,3	5,46...5,70
Помидоры зеленые	4,24...7,0	5,70...6,16
Картофель свежесобраный	5,62...7,0	5,93...6,16
Дыни и тыквы	5,62...8,38	5,93...6,38
Слива	5,62...11,14	5,93...6,83

Во многих исследованиях рассматривается создание оптимального парка машин и разработки методов эффективного их использования, однако

практически не затрагиваются вопросы оценки повреждаемости сельскохозяйственных грузов при перевозке по дорогам с различным покрытием и формирование тарифов перевозок с учетом погодных условий и дорожного покрытия [48].

К материально-технической базе относят транспортные средства и дороги. Рынок капитального блага и услуг капитального блага, к которому относится и автомобильная техника, находится в состоянии спада.

Возрастающие цены на ГСМ, запасные части, автотранспорт, низкое качество дорог оказывают значительное влияние на увеличение себестоимости перевозок. Удельный вес (в общем объеме) транспортных затрат увеличивается. Транспорт становится определяющим детерминантом конкуренции в сельскохозяйственной отрасли.

В таких условиях рациональное использование автомобильного транспорта играет определяющую роль и приобретает особую значимость.

Основные проблемы рационального использования автомобильного транспорта (АТ) можно представить следующими блоками (рисунок 1.1).

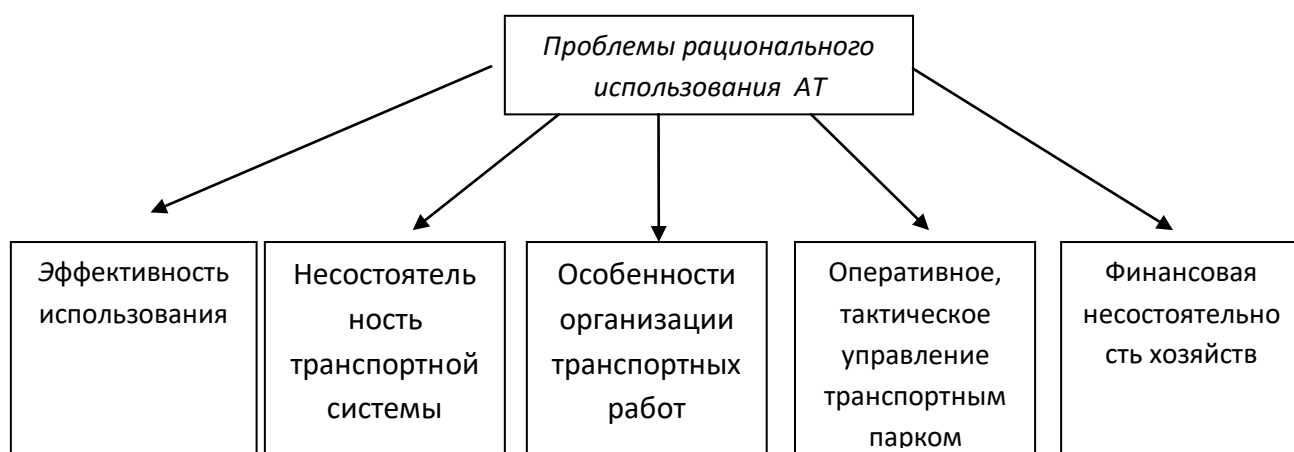


Рисунок 1.1 – Базовые проблемы рационального использования автомобильного транспорта в сельском хозяйстве [10]

Рассмотрим некоторые из этих проблем подробнее. Эффективность использования автомобильного транспорта. Затраты на перемещение грузов должны определяться по всем этапам перемещения от затаривания до разгрузки

и складирования. Основа определения эффективности базируется на фундаментальных исследованиях в области определения эффективности производства. Эффективность использования автомобильного транспорта будет определяться соотношениями эффекта с затратами материально-технических средств и труда, т.е. объема перевозок грузов и затрат по их перемещению. Ключевыми показателями в данном случае являются себестоимость перевозки единицы груза или единицы грузооборота

Особенности организации транспортных работ. В процессе организации сельскохозяйственного производства необходимо учитывать особенности в организации транспортных работ, которые являются достаточно многообразными и специфичными. Кроме особенностей сельскохозяйственных грузов и неравномерности (сезонности) перевозок в течение года они включают в себя необходимое взаимодействие транспортных средств с другой, специальной, техникой; многократность перевозок в процессе производства; различный диапазон расстояний перевозок и др.

Проблема оперативного управления транспортным парком знакома всем самостоятельным хозяйствующим субъектам. Отсутствие грамотных планов приводит к простоям автомобильной и специальной техники, человеческих ресурсов, и, как следствие, значительным потерям урожая. Для ее решения необходимо разрабатывать мероприятия по составлению планов, где будут отражены основные составляющие всего производственного процесса от работы индивидуально каждой единицы техники, каждого водителя до работы уборочной и транспортной техники в слаженном механизме.

Изложенные проблемы и их решение являются основой при формировании комплексного межотраслевого подхода для повышения эффективности качества работы автомобильного транспорта в сельском хозяйстве [10].

1.2 Сельскохозяйственные грузы, дороги и погода

Сельское хозяйство, как основная отрасль экономики, обладает достаточно объемной номенклатурой производимой продукции. Постановление Правительства РФ от 25.07.2006 N 458 "Об отнесении видов продукции к сельскохозяйственной продукции и к продукции первичной переработки, произведенной из сельскохозяйственного сырья собственного производства" определяет весь перечень продукции[65]. Отрасли земледелия и животноводства производят более 40 наименований грузов, еще около 30-35 видов номенклатуры грузов необходимы для полного обеспечения. Процесс перемещения данного материального потока осуществляется при помощи перевозки. При этом вся продукция, производимая агропромышленным комплексом с момента производства, подготовки к перевозке и до доведения получателю являются грузами. Груз в сельском хозяйстве определяется товаром и тарой.

Классификацию грузов в сельском хозяйстве можно представить следующим образом (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Классификация сельскохозяйственных грузов

Основные сельскохозяйственные страны мира, среди которых лидирующее место занимает Китай, Индия, Бразилия, США, Индонезия, Япония, Россия, Германия, озабочены вопросами использования традиционных логистических подходов и технологий для эффективного перемещения сельскохозяйственной продукции.

Уже не первое десятилетие возглавляет рейтинг сельскохозяйственных стран Китай, совокупный доход от сельского хозяйства составляет больше 1 трлн. 90 млрд.долл. [114], что характеризует сельское хозяйство как основную отрасль экономики. Поэтому вопросы перемещения сельскохозяйственной продукции являются основными при изучении различными исследовательскими научными институтами.

Производство, обмен, распределение и потребление сельскохозяйственной продукции составляет органическую цепочку воспроизводства продукции сельского хозяйства. Любое нарушение, недостаток на каждом из основных этапов производственной цепочки влияет на развитие сельского хозяйства. Однако циркулярный канал сельскохозяйственной продукции в Китае сложный и нестабильный. Нет нормативной системы управления и контроля, а также уделяется недостаточное внимание безопасности перевозок сельскохозяйственной продукции и защите окружающей среды. С повышением уровня жизни у китайцев формируются более высокие требования к безопасности и качеству сельскохозяйственной продукции. Тем не менее, многочисленные участники, обширное разнообразие элементов, высокая стоимость грузоперевозок сельскохозяйственной продукции определяет сложность транспортировок и уязвимость цепочки поставок.

Кроме того, современное развитие отрасли сталкивается с «внешними негативными эффектами» выбросы выхлопных газов, шумовое загрязнение, отходы ресурсов, заторы и потери в процессе логистики сельхозпродукции. Чтобы решить эти проблемы, цепь сельскохозяйственной продукции должна быть построена плотно, органично соединяющая производственный материал

поставщиком, производителем, поставщиком услуг транспортировки, оптовиков, розничных продавцов и потребителей, которые могут гарантировать безопасность качества сельскохозяйственной продукции, снизить стоимость грузоперевозки, достичь целей оптимального распределения ресурсов, содействия благосостоянию и состоянию окружающей среды, стимулирования развития транспортировки сельскохозяйственной продукции Китая.

Для решения данных проблем была выбрана концепция управления, основанная на внедрении зеленой цепочки поставок сельскохозяйственной продукции, впервые выдвинутая Исследовательским центром Мичиганского государственного университета в 1996 году, в котором основное внимание уделялось вопросам воздействия на окружающую среду и оптимизации использования ресурсов производственной цепочки поставок. Эта теория в основном используется в управлении цепочками поставок. Саркис Джозеф отметил, что зеленая цепочка поставок включает в себя внутреннюю логистику предприятия, управление материалами, внешнюю логистику, упаковку, обратную логистику.

С развитием современного сельского хозяйства цепочка поставок сельскохозяйственной продукции вызвала интерес у ученых разных стран. По мнению зарубежных авторов, в процессе «от поля до обеденного стола», цепочка поставок сельскохозяйственной продукции указывала на очевидные характеристики нелинейной системы. Китайские ученые много исследовали современные особенности цепочки поставок сельскохозяйственных продуктов, существующую организационную структуру цепочки поставок сельскохозяйственной продукции, систему отслеживания и управления данной цепочки поставок в условиях индустриализации сельского хозяйства.

Чуньяо Ван, Юэ Чен выдвинули пять аспектов управления зеленой цепочкой поставок в сельском хозяйстве [95]. Основными элементами управления являются: зеленая продукция, зеленая перевозка, зеленая обработка и циркуляция, зеленое потребление и зеленая рециркуляция (рисунок 1.3).

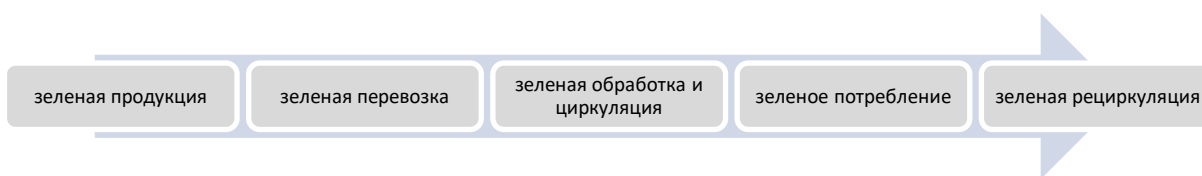


Рисунок 1.3 – Базовые аспекты управления зеленой цепочкой поставок в сельском хозяйстве

В Китае стоимость логистики сельскохозяйственной продукции составляет 40% от общей стоимости. Для свежих сельскохозяйственных продуктов этот показатель составляет до 60%. В развитых странах стоимость логистики составляет около 10%. Коэффициент потерь сельскохозяйственных продуктов, таких как фрукты и овощи, составляет от 25% до 30% в процессе сбора, транспортировки и хранения. В Соединенных Штатах Америки уровень потерь составляет от 1% до 2%.

Повышение эффективности транспортировок сельхозпродукции в основном зависит от согласованных усилий узловых элементов в цепочке поставок.

Основываясь на теории управления зеленой цепочки поставок и под руководством устойчивого развития, принимая за основу охрану окружающей среды, гарантию безопасности качества и экономические выгоды, зеленая цепочка поставок означает интеграцию деятельности по покупке, производству, переработки, упаковки, распределения, транспортировки, хранения, потребления и обратной переработки сельскохозяйственной продукции. Это требует разработку некоторых правил и процедур в условиях неопределенности и риска, неполноты информации, установления стратегических партнерских отношений между поставщиком продукции, крестьянскими хозяйствами, сельскохозяйственными предприятиями, распределительными центрами сельскохозяйственной продукции, оптовыми рынками, супермаркетами, розничными торговцами и потребителями, формируя стимул и совместимость элементов многокомпонентной системы. Данная система должна иметь хорошо организованное внутреннее сотрудничество, и хорошо интегрироваться во внешнюю окружающую среду. Таким образом, эксплуатационные расходы

цепочки поставок снижаются, отрицательное воздействие на окружающую среду уменьшается, качество сельскохозяйственной продукции гарантируется, т.е. достигается максимизация преимуществ системы.

Организационную систему зеленой цепи поставок сельскохозяйственной продукции можно представить в следующем виде (рисунок 1.3).

Дадим несколько трактовок этапов организационной системы зеленой цепи поставок, представленных на рисунке 1.4.

Зеленые закупки – процесс поиска возможности закупать товары, услуги или работы, весь жизненный цикл которых обеспечивает снижение вредоносного воздействия на окружающую среду.

Зеленое производство – процесс создания продукта, технологический цикл которого состоит из экологически чистого безотходного производства.

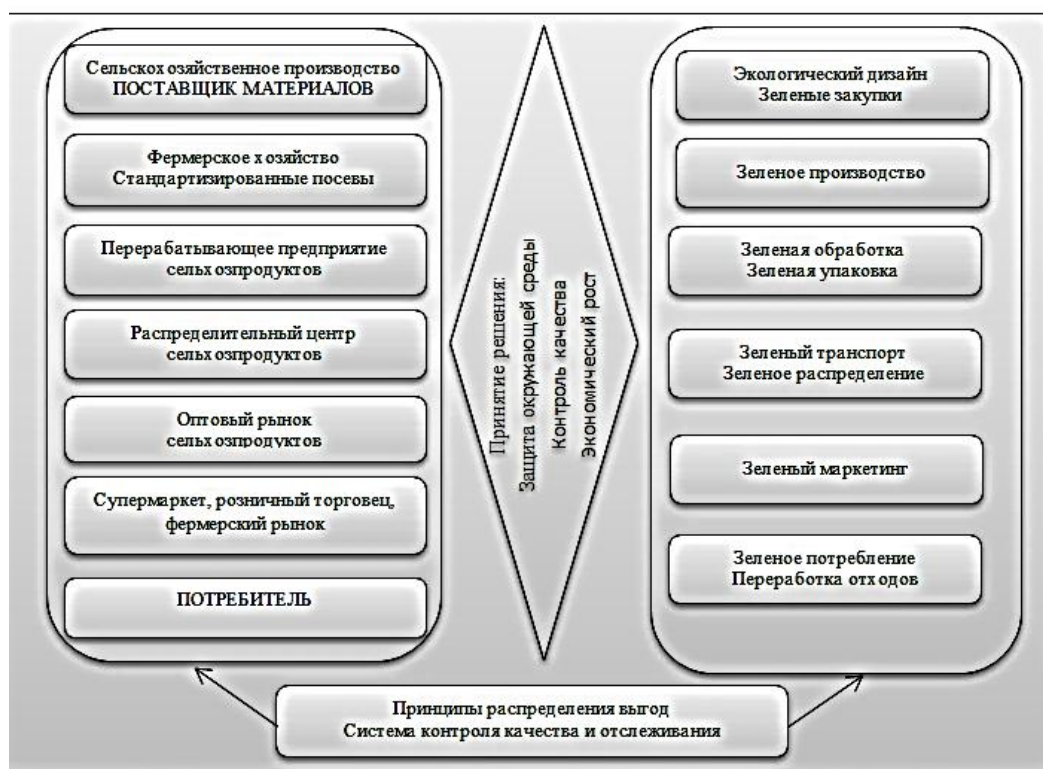


Рисунок 1.4 – Организационная система зеленой цепи поставок сельскохозяйственной продукции

Зеленый транспорт/зеленое распределение – любой способ или организационная форма передвижения, позволяющая снизить уровень воздействия на окружающую среду.

Зеленый маркетинг представляет собой процесс удовлетворения нужд и потребностей общества через продвижение таких товаров и услуг, которые оказывают минимальное негативное влияние на окружающую среду на всех стадиях жизненного цикла, и создаются с минимальным использованием природных ресурсов [34].

Зелёный маркетинг — это повышение узнаваемости бренда и повышение объёма продаж, а также лояльности потребителей, за счёт использования экологичных технологий производств и выпуска экологически чистой продукции [34].

Главная задача зеленого потребления - предотвращение негативного воздействия производства, транспортировки и утилизации продуктов и товаров посредством продвижения новых экологически безопасных технологий и формирования у потребителей сознательного отношения к приобретаемым товарам, осознавая взаимосвязь воздействия на окружающую среду.

Немецкий исследовательский центр изучает возможности использования концепции автономности в транспортировке как новой парадигмы управления данными процессами. Необходимо проанализировать данный подход на предмет возможности использования при транспортировке сельхозпродукции [90].

При решении вопросов перемещения сельскохозяйственной продукции необходимо учитывать следующие составляющие:

- особенности сельскохозяйственных грузов,
- наличие транспортной инфраструктуры,
- погодные условия.

Для создания автономных логистических процессов требуется набор общих условий, которые должны выполняться. На рисунке 1.5 приведен обзор этих требований в соответствии с целостной точкой зрения на логистику [10].



Рисунок 1.5 – Системные уровни автономных логистических процессов и их требования

Как показано на рисунке 1.5, новые требования к логистическим процессам могут быть назначены (отнесены) для системных уровней, таких как информационная система, система принятия решений и система выполнения, и ее уровни задач, такие как организация и управление, информационные технологии и материальный поток и логистика.

В результате требования могут быть отнесены к категории организационных, технологических и процессуальных.

Анализ предложенных требований к логистическим процессам позволяет сформулировать несколько положений [9].

Создание новых организационных требований предоставляет возможность создавать автономные логистические процессы. Пределы обычного и автономного контроля должны быть определены для возможности использования в различных отраслях, в том числе и сельскохозяйственной. Характерной особенностью для автономных логистических процессов является

повышенный спрос на распределительную (распределенную) информацию. Таким образом, способность к обнаружению адекватной, объективной информации в различное время в различных местах является одним из основных требований автономных логистических процессов.

Основная цель создания автономных логистических процессов - это повышение эффективности системы логистики. Поэтому необходимо разработать систему оценки, которая рассматривает изменения на каждом этапе из-за внедрения автономности. Кроме того, необходимо определить ограничения для интеграции различной автономии (ресурса, объекта, части) в структуре системы.

Автономное управление логистическими процессами позволяет реагировать на особые и непредвиденные события. При надлежащем планировании соответствующих мероприятий возможно предотвращение или минимизация экономических рисков[90].

Технологические требования связаны с управлением данными (согласованность, объем данных и т.д.); обработкой данных (охват информации, перезагрузка, стандартизированные интерфейсы и др.); возможностью согласованных действий элементов системы. Мобильность деталей предъявляет новые требования к связи и локации. Автономное планирование и контроль производственных систем должны соответствовать данным требованиям в виде внедрения новых функций.

Помимо организационных и технологических требований, определены технологические требования к системе материальных потоков и системе грузоперевозок в целом, которые должны быть выполнены, чтобы обеспечить их автономность.

Необходимо разработать стратегии для использования процесса имманентного интеллекта подсистем и элементов системы, для достижения автономных решений, для достижения собственных или предопределенных целей. Поэтому интеллектуальные элементы системы могут выполнять независимые алгоритмы решения проблем. Разрабатывая необходимые

программные средства и оценивая систему в симуляциях, должна быть возможность смоделировать выбранную систему с ее соответствующими процессами.

Любой транспорт, в том числе сельскохозяйственный, рассчитан на работу в определенных условиях окружающей среды. Постановление Правительства РФ от 15.04.2011 N 272 определяет Правила перевозок грузов автомобильным транспортом [64].

Базовыми условиями эксплуатации являются:

- дорожные условия, определяющие режим работы транспорта (техническая категория дороги, качество и вид дорожного покрытия, элементы дороги в плане и профиле);

- транспортные условия, определяющие детерминанты, влияющие на интенсивность движения транспорта на определенном участке, скорость транспортного потока;

- атмосферно-климатические условия, которые влияют не только на техническое состояние работы транспортных средств, но и на время доставки грузов, а также на выбор схемы движения (маршрута);

- материально-технические, материальные условия.

Атмосферно-климатические условия, т.е. погода существенно влияет на эффективность работы транспортных средств и оперативность доставки грузов.

Анализ источников позволяет выделить основные компоненты национальных транспортных систем (НТС), которые являются наиболее уязвимыми под воздействием климатических условий (рисунок 1.6) [9].

На элементы транспортной системы существенно влияют последствия климатические условия, что отражается не только на стоимости перевозок разнообразных грузов, но и на проектировании транспортной инфраструктуры, которая должна учитывать надежность и пропускную способность транспортных систем.

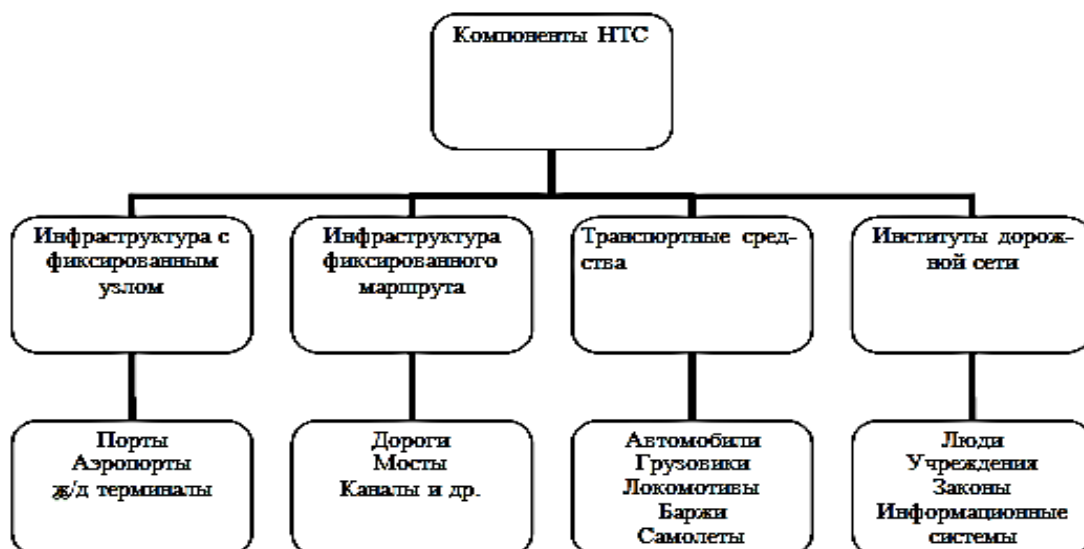


Рисунок 1.6 - Основные составляющие национальной транспортной системы

Погода, осадки, сильные ветра и экстремальные температуры, оказывают существенное влияние на характеристики транспортного средства (тягу, устойчивость, маневренность), инфраструктуру дороги, риск столкновения, транспортный поток. Воздействие погоды на эффективность движения исследуются во всех странах, т.к. данный фактор является определяющим при исследовании издержек и формировании тарифов перевозок.

В таблице 1.2 приведены данные о воздействии различных погодных явлений на автомобильные дороги, движение транспорта и оперативные решения (характеризующие такой элемент как «институты дорожной сети», основная задача которых преобразовывать инфраструктуру и транспортные средства в рабочие транспортные сети).

По данным исследований, опубликованных на U.S. Department of Transportation «Воздействие погоды на поток артериального трафика» и «Управление сигналом дорожного движения» погодные условия влияют на мобильность [101].

Снижение пропускной способности может быть вызвано погружением полосы из-за наводнения или обструкции полосы из-за накопления снега и обломков ветром. Закрытие дорог и ограничения доступа из-за опасных

условий (например, большие грузовики) также снижают пропускную способность дороги.

Таблица 1.2 – Влияние погодных явлений на дороги, движение и операционные решения [9, 101]

Переменные погоды	Воздействие дорожного полотна	Воздействие движения	Операционные воздействия
Скорость ветра	Расстояние видимости (из-за выдувания снега, пыли) Обструкция полос (из-за ветрового снега, обломков)	Скорость движения Задержка времени в пути Аварийный риск	Производительность автомобиля (например, стабильность) Контроль доступа (например, ограничение типа транспортного средства, закрытие дороги) Поддержка принятия решения по эвакуации
Атмосферные осадки (тип, скорость, время начала/окончания)	Расстояние видимости Трение трения Обструкция полос	Пропускная способность Скорость движения Задержка времени в пути Аварийный риск	Производительность автомобиля (например, тяга) Возможности/ поведение водителя Стратегия обращения с дорогами Время движения сигнала Ограничение скорости Поддержка принятия решений по эвакуации Институциональная координация
Туман	Расстояние видимости	Скорость движения Дисперсия скорости Задержка времени путешествия/ доставки грузов Аварийный риск	Возможности/ поведение водителя Контроль доступа Ограничение скорости
Уровень воды	Перемещение полосы	Скорость движения Дисперсия скорости Задержка времени путешествия/ доставки грузов Аварийный риск	Возможности/ поведение водителя Контроль доступа Ограничение скорости

Погодные условия снижают артериальную мобильность и эффективность планов синхронизации трафика. По сигнализированным артериальным маршрутам снижение скорости может колебаться от 10 до 25% на мокром асфальте и от 30 до 40%% со снежным покрытием (таблица 1.3).

Таблица 1.3 - Снижение потока трафика автострады из-за погоды

Погодные условия	Сокращение потока трафика, %			
	Средняя скорость	Скорость свободного потока	Объем	Вместимость
Легкий дождь/снег	3-13	2-13	5-10	4-11
Ливень	3-16	6-17	14	10-30
Снегопад	5-40	5-64	30-44	12-27
Низкая видимость	10-12			12

Таким образом, основными параметрами при анализе сокращения потока трафика рассматриваются средняя скорость потока, скорость свободного потока, объем потока и вместимость, т.е. интенсивность объема трафика в единицу времени.

Для оптимальной маршрутизации используют различные запатентованные способы информирования водителей транспортных средств, определяющих максимальную пропускную способность данного направления [56, 89] (Приложение 1).

Анализ показал, что 23% единовременной задержки на дорогах происходит из-за снега, льда и тумана. Это составляет, по оценкам, 544 млн. часов задержки в год. Дождь и снег приводят к наибольшим простоям.

Исследователи измеряли почасовые объемы движения во время метелей и сравнивали их с обычными объемами почасового объема, соответствующими то же типу дня/времени/сезона. Исходя из этого, для каждого случая были получены почасовые коэффициенты уменьшения для каждой категоризированной группы (таблица 1.4) [101]

Таблица 1.4 – Влияние снежного шва на объемы движения

Снегопад, мм	Будни (диапазон уменьшения объема), %	Выходные дни (диапазон уменьшения объема), %
<25	7-17	19-31
25-75	11-25	30-41
75-150	18-34	39-47

Анализ данных показал, что сокращение объема увеличилось с общим снегопадом, но сокращение было меньше во время пиковых часов и в будние дни, вероятно, из-за недискреционного характера большинства поездок по будням.

Чтобы определить индивидуальные воздействия переменных погоды на скорость, скорость была регрессирована по отношению к состоянию дорожного покрытия, скорости ветра и видимости, используя критические значения. Результаты показали, что все коэффициенты были статистически значимыми, но с высокой степенью изменчивости результатов (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Влияние условий окружающей среды на скорость

Фактор	Уменьшение скорости (км/ч)
Влажный (дождь)	9,5
Снег	16,4
Ветер >24 км/ч	11,7 (вариация падения скорости высокая)
Видимость <0,28 км	0,77 на 0,01 км ниже критического

Исследователи пришли к выводу, что поскольку данные факторы достаточно часто имеют место быть, то следует учитывать погоду в плане производительности и уровня обслуживания.

Так же был проведен ряд исследований, посвященных влиянию дождя на движение транспорта (таблица 1.6).

Таблица 1.6– Влияние дождя на уменьшение скорости движения

Фактор	Место исследования		
	Торонто	Айдахо	Виржиния
Легкий дождь	1,9-12,9 км/ч	9,5 км/ч	3-5 %
Ливень	4,8 – 16,1 км/ч	9,5 км/ч	3-5 %

Исследование показало, что во время дождя время в пути увеличилось на 3,4 -25%.

Данные результаты необходимо учитывать при разработке схем перевозки сельскохозяйственных грузов, т.к. данные грузы различаются по физико-механическим и биохимическим свойствам, степени использования грузоподъемности транспортных средств, способу погрузочно-разгрузочных работ, срочности и периодичности перевозок. Увеличение времени в пути отражается негативно на транспортировке грузов, подлежащие перевозке в сжатые сроки (скоропортящиеся), лимитируемые агротехническими требованиями. Например, при автомобильных перевозках скота даже при соблюдении всех правил происходит уменьшение их массы. Причем потери тем больше, чем длительнее перевозка. Перевозка молока, даже при соблюдении температурного режима, не должна превышать 15-20 часов, т.к. это скоропортящийся продукт и необходимо обеспечить бесперебойный и своевременный вывоз с пункта производства в пункты переработки. Таким образом, увеличение времени перевозок, связанных с погодными условиями вызывает существенный рост издержек, что отражается на эффективности деятельности предприятий сельскохозяйственной отрасли. [7]

1.3 Анализ факторов, влияющих на производственный процесс внутрирайонной перевозки сельскохозяйственной продукции

Производственный процесс перевозки сельскохозяйственных грузов, в силу своей сложности и многокомпонентности, подвержен воздействию факторов внешней и внутренней среды, значительная часть которых выступает прямыми и косвенными ограничениями процесса, что обусловлено спецификой деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя [38] и требованиями к организации перевозки различных сельхозгрузов.

В зависимости от вида процесса перевозки выделяются различные факторы воздействия. Так например, факторы, оказывающие воздействие на международные грузоперевозки, с высокой долей вероятности могут оказаться неактуальными для национальных и внутрирайонных перевозок [38, 50].

Внутрирайонная перевозка сельскохозяйственных грузов – это совокупность процессов по перемещению сельскохозяйственных грузов от сельскохозяйственного товаропроизводителя к потребителю (или от поставщика к сельскохозяйственному товаропроизводителю), при условии, что они находятся в пределах определенного территориально-административного района (субъекта РФ, муниципального района и т.п.).

На рисунке 1.7 представлены логические схемы внутрирайонной перевозки сельхозгрузов [6].

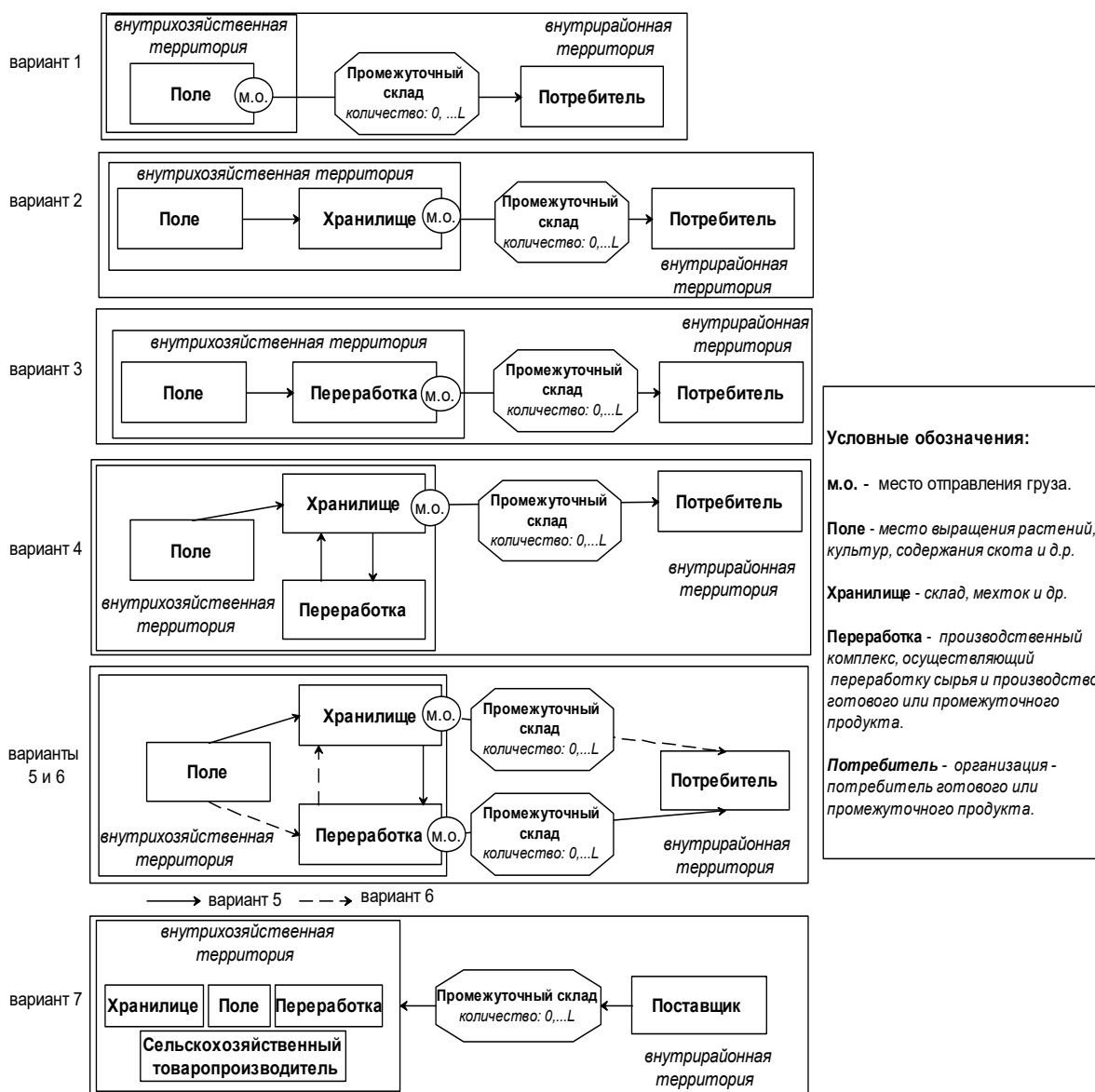


Рисунок 1.7- Логические схемы процесса внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов

На рисунке 1.8, исходя из понимания процесса внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов, представлены факторы его внешнего и внутреннего окружения..

Влияние факторов внешнего и внутреннего окружения на формирование системы критериев и ограничений внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов представлены в таблице 1.7.

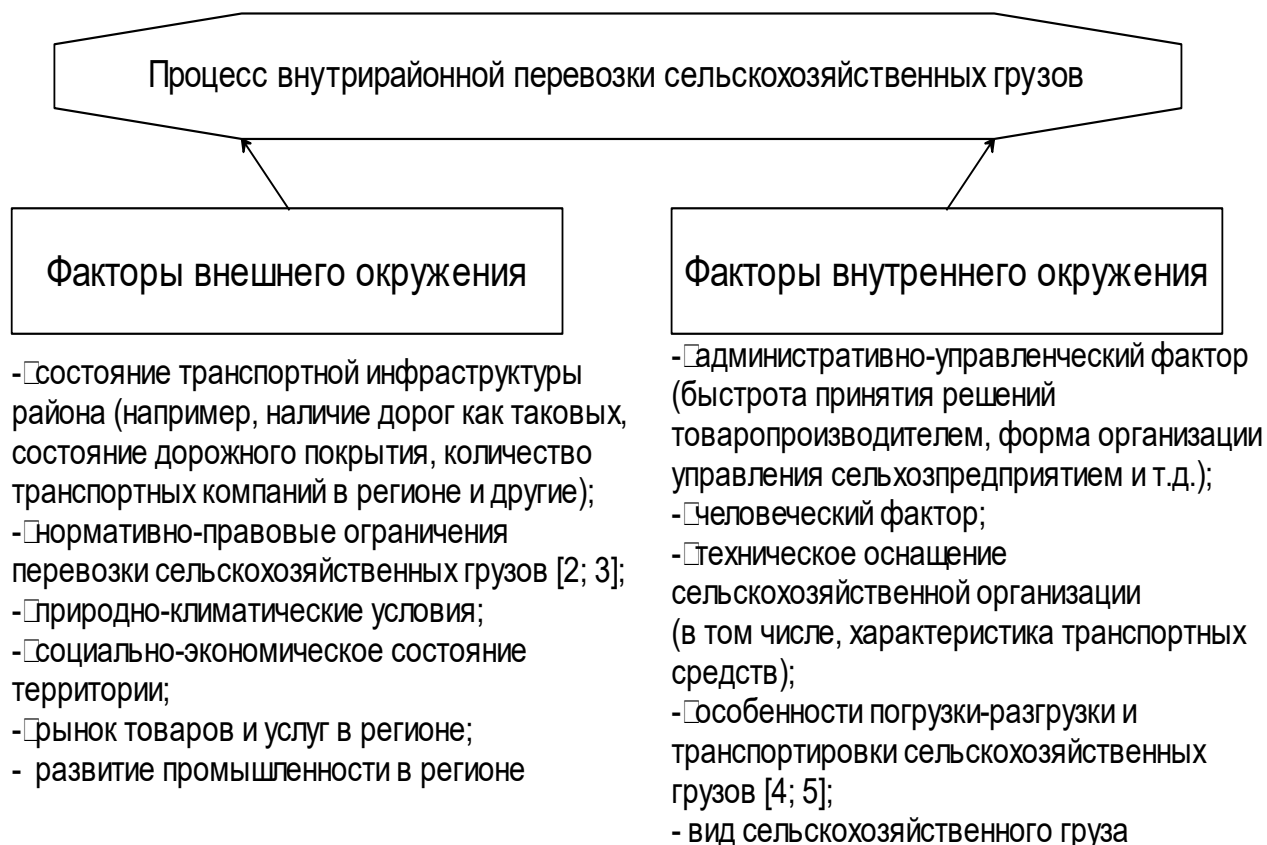


Рисунок 1.8 - Факторы внешнего и внутреннего окружения, формирующие систему критериев и ограничений внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных

Такие факторы как «социально-экономическое состояние территории» и «развитие промышленности в регионе» сами по себе ограничения не формируют, однако оказывают влияние на развитие перерабатывающего сектора и производства, состояние транспортной инфраструктуры и т.д.

Таблица 1.7 -Влияние факторов внешнего и внутреннего окружения на формирование системы критериев и ограничений внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов

Вид фактора	Фактор	Содержание фактора	Формируемое ограничение	Показатели системы «критериев и ограничений»	
1	2	3	4	5	
Внешнее окружение	состояние транспортной инфраструктуры района	состояние дорожного покрытия	скорость движения транспорта	- сроки перевозки; - повреждение груза	
			требования к транспортному средству	-тип транспортного средства	
		протяженность дорог	min расстояние между пунктом отправления и пунктом назначения	- сроки перевозки; - повреждение груза; - стоимость перевозки/эксплуатационные расходы	
	нормативно-правовые ограничения грузоперевозки	нормативы перевозки определенного типа груза	требования к процессу организации перевозки (например, температурные условия [82])	- сроки перевозки; - тип транспортного средства	
	природно-климатические условия	длительность сезона сбора/посадки	установленные сроки сбора/вывоза культур	- сроки перевозки; - повреждение груза	
			погодные условия в процессе перевозки	скорость движения транспорта, внешние условия реализации погрузочно-разгрузочных работ	- сроки перевозки; - техническая скорость движения; - повреждение груза
		рельеф местности	тип дорожного покрытия, длина пути		- сроки перевозки; - техническая скорость движения; - повреждение груза
	рынок товаров и услуг	уровень цен в регионе	стоимость товаров и услуг (цена на топливо, стоимость рабочей силы и др.)	-стоимость перевозки	
		развитость рынка товаров и услуг	количество организаций, предоставляющих услуги по перевозке грузов, наличие (развитость рынка) рабочей силы в регионе и др.	-сроки перевозки	
административно-управленческий		форма организации деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя	способы организации перевозки (самостоятельно, централизованно, аутсорсинг)	- стоимость перевозки - повреждение груза; - стоимость перевозки	
			механизация погрузо-разгрузочных работ	- сроки перевозки; - повреждение груза; - стоимость перевозки	

1	2	3	4	5
Внутреннее окружение	административно-управленческий	форма организации деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя	способы организации перевозки (самостоятельно, централизованно, аутсорсинг)	- стоимость перевозки - повреждение груза; - стоимость перевозки
			механизация погрузо-разгрузочных работ	- сроки перевозки; - повреждение груза; - стоимость перевозки
	человеческий	влияние человеческого фактора на процесс перевозки	четкое выполнение обязанностей (отклонение от маршрута и др.)/ошибки при принятии управленческих решений	- сроки перевозки; - повреждение груза; - стоимость перевозки
	техническое оснащение организации (особенности погрузки-разгрузки и транспортировки продукта)	наличие (доступность) транспортных и технических средств определенного типа [16]	количество, тип и грузоподъемность транспортных средств	- сроки перевозки; - повреждение груза; - стоимость перевозки/эксплуатационные расходы; - соблюдение условий перевозки; - грузоподъемность (при выполнении 1 рейса)
			средства механизации погрузки-разгрузки	- сроки перевозки; - повреждение груза; - стоимость перевозки/эксплуатационные расходы

Выводы по первой главе

Анализ литературы показывает, что существует начальная база исследований относительно воздействия осадков и погодных явлений на параметры производительности транспортной системы, однако необходимо изучить, как эти явления оказывают влияние на технико-экономические показатели перемещения грузов, т.е. необходимо оценить изменение локальной дорожной инфраструктуры, используемой для транспортировки сельскохозяйственных грузов, при изменении погодно-климатических условий.

В качестве основных результатов анализа факторов внешнего и внутреннего окружения, оказывающих воздействие на процесс внутрирайонной перевозки сельхозгрузов, следует отметить:

- факторы внешнего и внутреннего окружения являются основой для формирования системы критериев и ограничений процесса внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов;

– роль факторов внешнего и внутреннего окружения в процессе внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов обуславливает необходимость их дальнейшего исследования и учета при построении математической модели оптимизации процесса грузоперевозки;

– влияние факторов внешнего и внутреннего окружения на параметры длительности перевозки, повреждаемости и сохраняемости сельскохозяйственного груза необходимо учитывать при оптимизации стоимости внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов.

ГЛАВА 2 МЕТОДЫ И МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ

2.1 Транспортировка и показатели повреждаемости сельскохозяйственных грузов

Сельское хозяйство и транспорт – две отрасли, которые невозможно рассматривать отдельно друг от друга, т.к. источники продовольствия и других экономических продуктов должны быть доступными при распределении сельскохозяйственной продукции к рынкам и местам сбыта. Поэтому, адекватная транспортная сеть и эффективные операции по перевозке являются необходимыми условиями, влияющими на эффективное физическое распределение сельскохозяйственной продукции [39,81].

Эффективность дорожной отрасли в значительной мере определяется качеством принимаемых проектных и организационно-технологических решений, управления и обеспечения дорожных работ. Обоснование решений всегда расценивалось как важнейшая функция управления. Одним из наиболее эффективных средств обоснования решения считается экономико-математическое моделирование систем и процессов на автомобильном транспорте. В дальнейшем возможно использование метатеории для описания процесса транспортировки [104]. Мальцев Ю.А. дает следующее определение термина «Экономико-математические модели – это модели классической математики и исследования операций с экономическими критериями» [49]. Исходя из этого, можно дать следующее толкование понятия «экономико-математическое моделирование на автомобильном транспорте (в дорожном строительстве), при организации перевозок – это метод исследования (изучения), научного планирования и управления производственных процессов, явлений, и систем с применением экономико-математических моделей».

Одной из базовых моделей ЭММ, применяемых на автомобильном транспорте и при организации дорожного движения и перевозок, является

моделирование методами сетевого планирования, при помощи которого описываются процессы обслуживания и ремонта автомобилей, строительные процессы, а также перевозочные операции. В графике-модели отображаются:

- последовательность выполнения каждой из операций технологических работ;
- порядок использования техники, материальных и трудовых ресурсов;
- продолжительность (сроки начала и завершения) работ по перевозке грузов различного назначения;
- наличие скрытых резервов (ресурсов) времени, техники, материальных средств.

При этом необходимо отметить, что организация сельскохозяйственных перевозок и сельскохозяйственных работ возможна при помощи универсальной техники, что дает возможность сократить номенклатуру машин, предназначенных для выполнения определенной совокупности операций производственных процессов [81].

Наиболее распространенным классом подобных моделей являлись линейные календарные графики, которые отличаются простотой построения, наглядностью, удобством получения информации о сроках и составе выполнения работ. При этом необходимо отметить, что линейные календарные графики жестко фиксируют один из множества альтернативных вариантов проведения работ. Поскольку перевозки любых грузов, а в частности сельскохозяйственных, представляют собой сложный динамичный вероятностный процесс, то необходимо учитывать неизбежность отклонений от утвержденных планов грузоперевозок, что должно находить отражение на графиках. Процесс перевозок сельскохозяйственных грузов состоит из множества разнообразных «работ», поэтому корректировки линейных графиков не всегда представляются возможными и, зачастую, требуют их переделки. Кроме того, на линейном календарном графике достаточно трудно выделить безрезервные, наиболее напряженные работы, лимитирующие грузоперевозки в целом. Учитывая данные факторы затрудняет использование календарных

графиков на стадии управления производством работ по сельскохозяйственным перевозкам. Поиски новых методов планирования привели к применению сетевых моделей, которые позволяют интегрировать современные достижения математики и вычислительной техники.

Сетевая модель является вариантом сетевого графика и представляет собой логико-математическую модель транспортного процесса, который представлен в виде взаимосвязанного комплекса событий и работ.

Основными элементами сетевой модели являются:

События – момент начала (начальное событие – определяет начало грузоперевозочного процесса) или окончания (завершающее событие – факт завершения грузоперевозок) какой-либо работы (процесса). При этом необходимо отметить, что событие не имеет продолжительности и не потребляет ресурсы.

Как правило, событие отображается в виде кружка, но возможно отображение в виде квадрата, многоугольника и т.п., которые разделены на четыре сектора, отражающих основные параметры модели (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Параметры события

Номер события фиксирует положение события в сети.

Ранняя дата совершения события – время (срок), до истечения которого событие не может свершиться.

Поздняя дата совершения события – предельное время свершения события, несоблюдение которого (превышение) влечет за собой срыв сроков начала следующих работ и завершения грузоперевозок в целом.

Резерв времени - разница (разность) между поздним и ранним сроками свершения события.

Работа – процесс предшествующий совершению какого-либо события. Это деятельность исполнителей в период времени между двумя смежными событиями, которые имеют несколько разновидностей, представленных на рисунке 2.2.

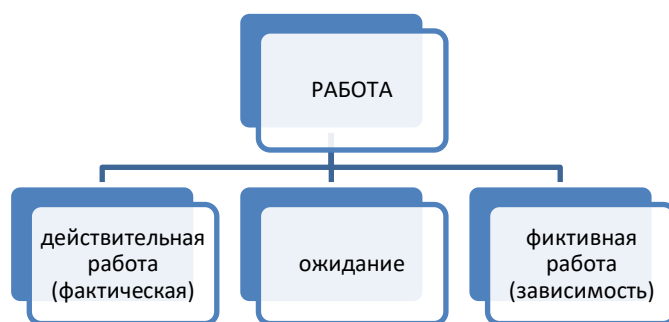


Рисунок 2.2 – Разновидности «работ» при построении сетевой модели

Действительная (фактическая) работа - процесс, который характеризуется затратами времени и ресурсов (материальных, трудовых, технических).

Ожидание – технологический перерыв в работе, т.е. работа, которая не потребляет ресурсы, но требующая затраты времени.

Фиктивная работа (зависимость) - работа, не требующая ни ресурсов ни затрат времени, т.е. логическая связь между событиями, показывающая, что возможность начала одной работы зависит от результатов другой.

При сетевом моделировании действительную работу и ожидание обозначают сплошными стрелками, а фиктивную работу (зависимость) – пунктирными. Если сетевой график построен без масштаба, то над стрелками обязательно проставляется продолжительность работы в единицах времени.

В практике транспортного и дорожного строительства встречается множество различных форм сетевых графиков (рис. 2.3) [8].

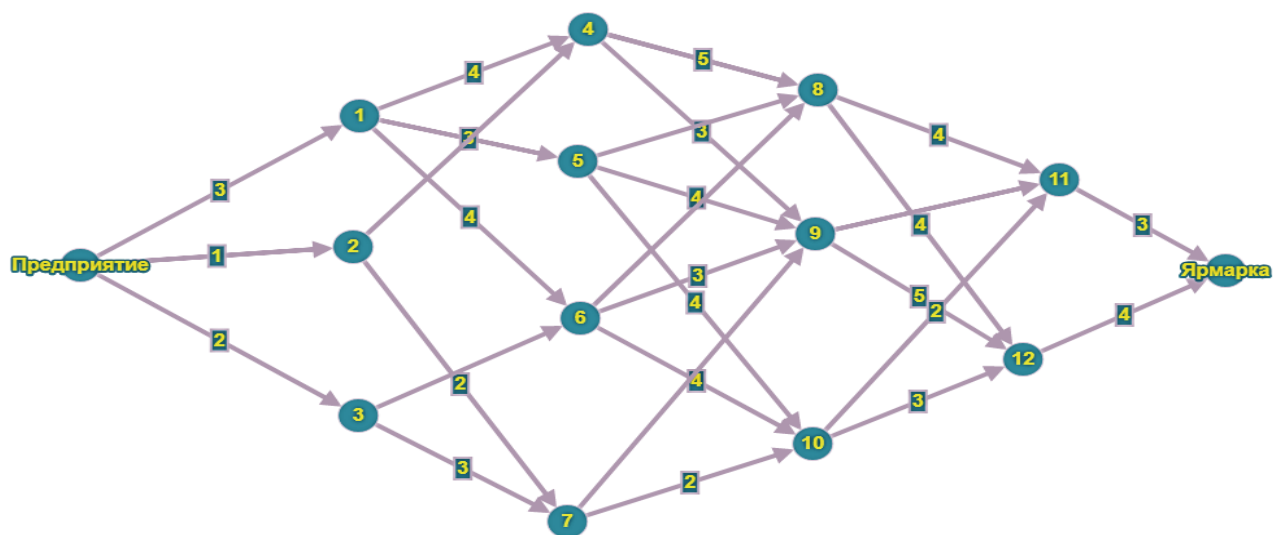


Рисунок 2.3 – Пример стреловидной диаграммы (сетового графика), демонстрирующей различные варианты транспортировки сельскохозяйственной продукции от «Предприятия-производителя» до «Ярмарки»

Анализ сетевого графика и проведение расчетов позволяет определить оптимальный путь транспортировки сельскохозяйственной продукции от предприятия-производителя до места сбыта.

Исследование сетевого графика, представленного на рисунке 2.3, показывает:

- оптимальный путь «Я-11-10-7-2-П» - время в пути 10 часов,
- альтернативные маршруты: «Я-11-10-7-3-П» и «Я-12-10-7-2-П» - время в пути 12 часов соответственно.

Данный сетевой график возможно спроецировать на реальную карту местности, что позволит оптимизировать перевозку сельскохозяйственной продукции с учетом реальной дорожной ситуации.

При построении и использовании сетевого планирования для организации грузоперевозок сельскохозяйственной продукции необходимо учитывать, что действительно необходимое время может зависеть от множества факторов: дорожная ситуация, погодные условия и т.д., что определяет «время» как вероятностную величину, требующую дополнительных расчетов.

При транспортировке важную роль играют критерии и ограничения.

Основными критериями и ограничениями внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов, а так же воздействие на них факторов внешней и внутренней среды являются:

1) *Ограничение «сроки перевозки».*

В производственном процессе перевозки сельскохозяйственных грузов время может выступать в качестве критерия и ограничения. Представление «времени» как ограничения обусловлено спецификой некоторых видов сельскохозяйственных грузов, сезонностью сбора урожая [71]. Следовательно, имеет место следующее неравенство: $T_{\text{факт}} \leq T_{\text{норм}}$, где $T_{\text{факт}}$ - это фактическое время, затрачиваемое на выполнение всех операций по осуществлению перевозки сельскохозяйственных грузов, а $T_{\text{норм}}$ - время, обусловленное спецификой сельскохозяйственного груза или общего производственного процесса, в течение которого необходимо осуществить перевозку конкретного сельскохозяйственного груза.

Критерием *время* выступает в случае оптимизации процесса перевозки грузов и, следовательно, $T_{\text{факт}} \rightarrow \min$.

Исходя из представленных на рисунке 1.7 логических схем внутрирайонной перевозки сельхозгрузов, можно рассчитать время, необходимое для фактической реализации этого процесса ($T_{\text{факт}}$):

$$T_{\text{факт}} = s \times (T_{\text{погр}} + T_{\text{разг}} + T_{\text{перев}} + T_{\text{уо}} + T_{\text{под}}), \quad (2.1)$$

где s – количество рейсов, за которое может быть перевезен однородный груз массой Q .

$T_{\text{погр}}$ - время, затрачиваемое на осуществление погрузочных работ на различных этапах грузоперевозки в зависимости от выбранной схемы процесса грузоперевозки.

$$T_{\text{погр}} = \sum_{i=1}^n t_i, \quad (2.2)$$

где n – количество погрузочных операций в рамках конкретной схемы грузоперевозок; t_i - время, необходимое на погрузку i -той операции.

$T_{разг}$ - время, затрачиваемое на осуществление разгрузочных работ на различных этапах грузоперевозки в зависимости от выбранной схемы процесса грузоперевозки.

$$T_{разг} = \sum_{j=1}^m t_j , \quad (2.3)$$

где m – количество разгрузочных операций в рамках конкретной схемы грузоперевозок; t_j - время, необходимое на разгрузку v_j -той операции.

$T_{перев}$ - время, затрачиваемое на осуществление перевозки (движение с грузом) на различных этапах грузоперевозки в зависимости от выбранной схемы процесса грузоперевозки.

$$T_{перев} = \sum_{k=1}^b t_k , \quad (2.4)$$

где b – количество операций по перевозке грузов в рамках конкретной схемы грузоперевозок; t_k - время, необходимое на перевозку в k -той операции.

T_{yo} – время, затрачиваемое на осуществление управленческо-административных операций (оформление документации, контроль качества груза и др.).

$$T_{yo} = \sum_{h=1}^d t_h , \quad (2.5)$$

где d – количество управленческо-административных операций в рамках конкретной схемы грузоперевозок; t_h - время, необходимое для осуществления h -той управленческо-административной операции.

$T_{под}$ - время, затрачиваемое на осуществление подачи транспорта (движение без груза) на различных этапах грузоперевозки в зависимости от выбранной схемы процесса грузоперевозки.

$$T_{под} = \sum_{f=1}^a t_f , \quad (2.6)$$

где a – количество операций подачи транспортных средств рамках конкретной схемы грузоперевозок; t_f – время, необходимое на подачу транспортного средства в f -ной операции.

В таблице 2.1 представлены факторы, оказывающие непосредственное воздействие на длительность процесса внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов.

Таблица 2.1 - Факторы, влияющие на длительность процесса внутрирайонной перевозки груза

Переменная, час.	Наименование переменной	Факторы, оказывающие влияние на переменную
$T_{\text{погр}}$	Время, затрачиваемое на осуществление погрузочных работ	<ul style="list-style-type: none"> - вид сельскохозяйственного груза; - наличие средств механизации погрузки; - вид упаковки; - человеческий фактор (отношение к процессу погрузки, производительность труда и т.д.)
$T_{\text{разг}}$	Время, затрачиваемое на осуществление разгрузочных работ	<ul style="list-style-type: none"> - вид сельскохозяйственного груза; - наличие средств механизации разгрузки; - вид упаковки; - человеческий фактор (отношение к процессу разгрузки, производительность труда и т.д.)
$T_{\text{перев}}$	Время, затрачиваемое на транспортировку груза	<ul style="list-style-type: none"> - состояние дорожного покрытия; - дальность перевозки (расстояние); - скорость движения транспортного средства; - технические характеристики транспортного средства (грузоподъемность); - человеческий фактор (соблюдение требований к процессу перевозки, отклонение от маршрута и др.)
$T_{\text{оу}}$	Время, затрачиваемое на осуществление управленческо-административных операций	<ul style="list-style-type: none"> - способы и методы проверки состояния и сохранности груза; - надежность поставщика услуг грузоперевозки (надежность персонала и ТС, осуществляющих перевозку грузов); - составление и проверка документации; - принятие управленческого решения
$T_{\text{под}}$	Время движения транспорта без груза	<ul style="list-style-type: none"> - состояние дорожного покрытия; - расстояние; - скорость движения транспортного средства; - технические характеристики транспортного средства; - человеческий фактор; - административно-управленческий фактор

2) Критерий «повреждение груза».

Критерий «повреждение груза» оказывает влияние на стоимость перевозки, то есть, чем выше процент повреждения, тем выше стоимость

перевозки 1 единицы массы груза. Как следствие, $P_{\text{факт}} \rightarrow \min$, где $P_{\text{факт}}$ – абсолютный или относительный показатель, указывающий количество сельскохозяйственного груза, поврежденного в процессе перевозки (в натуральных единицах или в % от общего объема перевозимого груза) [18].

Формулу расчета показателя повреждения сельскохозяйственного груза, участвующего в производственном процессе перевозки можно представить следующим образом:

$$P_{\text{факт}} = P_{\text{погр}} + P_{\text{разг}} + P_{\text{перев}} + P_{\text{еств}} + P_{\text{хран}} \quad (2.7)$$

$P_{\text{погр}}$ – повреждения сельскохозяйственного груза при осуществлении погрузочных работ на различных этапах грузоперевозки в зависимости от выбранной схемы процесса грузоперевозки.

$$P_{\text{погр}} = \sum_{i=1}^n p_i \quad , \quad (2.8)$$

где p_i - доля или количество поврежденного груза в i -той операции погрузки.

$P_{\text{разг}}$ – повреждения сельскохозяйственного груза при осуществлении разгрузочных работ на различных этапах грузоперевозки в зависимости от выбранной схемы процесса грузоперевозки.

$$P_{\text{разг}} = \sum_{j=1}^m p_j \quad , \quad (2.9)$$

где p_j - доля или количество поврежденного груза в j -той операции разгрузки.

$P_{\text{перев}}$ – повреждение сельскохозяйственного груза при непосредственной перевозке.

$$P_{\text{перев}} = P_{\text{еств}} \times P_{\Phi} \quad (2.10)$$

$$P_{\text{еств}} = Q_{\text{перев}} \times P_{1b}! \quad (2.10.1)$$

$$P_{\Phi} = \sum_{k=1}^b p_k \quad (2.10.2)$$

где $P_{\text{еств}}$ – уменьшение массы груза в процессе перевозки за счет естественных причин;

$Q_{\text{перев}}$ – масса перевозимого груза;

P_1 – норма естественной убыли в зависимости от дальности, вида перевозки и типа сельхозгруза;

$P_{\text{ф}}$ – уменьшите массы груза за счет воздействия факторов внешнего и внутреннего окружения на процесс перевозки;

r_k – доля или количество поврежденного груза в k -той операции перевозки.

$P_{\text{хран}}$ – повреждение груза в процессе ожидания перевозки на пункте отправления или промежуточном пункте хранения.

$$P_{\text{хран}} = Q_{\text{хран}} \times P_{2L}! \quad (2.11),$$

где $Q_{\text{хран}}$ – масса груза, находящаяся на временном хранении в ожидании транспортировки;

P_2 – норма естественной убыли, в зависимости от срока, формы хранения и типа сельхозгруза [17];

L – количество промежуточных пунктов хранения (складов) в процессе транспортировки сельскохозяйственных грузов от производителя к потребителю, $L \in \{0; 1 \dots E\}$, где E – целое неотрицательное число.

В таблице 2.2 представлена зависимость повреждения сельскохозяйственных грузов в процессе внутрирайонной перевозки от различных факторов.

Таблица 2.2 - Факторы, влияющие на повреждение сельскохозяйственных грузов в процессе внутрирайонной перевозки

Переменная, в % от общей массы груза	Наименование переменной	Факторы, оказывающие влияние на переменную
1	2	3
$P_{\text{погр}}$	Порча в процессе погрузки	- вид сельскохозяйственного груза; - способ погрузки (наличие средств механизации погрузки, время, затрачиваемое на погрузку); - вид упаковки; - человеческий фактор (отношение к процессу погрузки, бережность и т.д.)

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
$P_{\text{разг}}$	Порча в процессе разгрузки	в - вид сельскохозяйственного груза; - способ разгрузки (наличие средств механизации разгрузки, время, затрачиваемое на разгрузку); - вид упаковки; - человеческий фактор (отношение к процессу погрузки, бережность и т.д.)
$P_{\text{перев}}$	Порча в процессе транспортировки	в - вид сельскохозяйственного груза; - состояние дорожного покрытия; - дальность перевозки (расстояние); - скорость движения транспортного средства; - технические характеристики транспортного средства [17]; - вид упаковки; - человеческий фактор (соблюдение требований к процессу перевозки); - естественная убыль в процессе перевозки
$P_{\text{еств}}$	Естественная убыль	- усушка, усадка в зависимости от вида сельскохозяйственного груза в процессе хранения [66]; - усушка, усадка в зависимости от вида сельскохозяйственного груза в процессе перевозки
$P_{\text{хран}}$	порча в процессе хранения (естественная убыль)	- порча в процессе хранения, при несоблюдении условий хранения; - недостаточное количество ТС для своевременного осуществления процесса перевозки

3) Критерий «стоимость».

В производственном процессе внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов стоимость ($C_{\text{факт}}$) является интегральным критерием, значение которого стремится к минимуму [17]. Однако специфика сельскохозяйственных грузов обуславливает необходимость постановки четких требований, которые, в свою очередь, лимитируют процесс минимизации показателя $C_{\text{факт}}$, сводя его значение к оптимальному в конкретных условиях, при выполнении системы критериев и ограничений [11].

Следовательно, $C_{\text{факт}} \rightarrow \min$, при условии, что $T_{\text{факт}} \leq T_{\text{норм}}$, $P_{\text{факт}} = P_{\text{еств}}$ (или $P_{\text{факт}} \rightarrow \min$).

Кроме того, существует ряд объективных и субъективных условий, оказывающих влияние на стоимость перевозки грузов, таких как: конкуренция

в регион; стоимость рабочей силы; стоимость топлива; форма организации перевозки; затраты на организацию хранения, оплату труда и другие.

2.2 Учет в математической модели, используемой для оптимизации перевозки грузов, дорожных и природно-климатических условий

Известно, что математическая модель, описывающая перевозку грузов от нескольких поставщиков к нескольким потребителям, описывается следующим образом [91]:

$$\left\{ \begin{array}{l} C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} c_{ij} \rightarrow \min \\ \forall x_{ij} \geq 0, \\ \forall c_{ij} \geq 0, \end{array} \right. \quad (2.12)$$

где c_{ij} – тариф, x_{ij} – груз, перевозимый на участке с тарифом c_{ij} .

Вышеприведенная модель описывает общие условия перевозки при известных тарифах, спросе на однородный груз со стороны потребителей и возможностях удовлетворить этот спрос со стороны поставщиков. Одноразово устанавливаемый тариф на грузоперевозку из пункта «А» в пункт «Б» не позволяет принять во внимание обеспечение сохранности груза – особенно это касается легкоповреждаемого груза, в частности плодоовощной продукции – при транспортировке. При этом, также не принимается во внимание соотношение «качества» груза в исходных точках и конечных пунктах назначения.

В реальных условиях на сохранность груза существенное влияние оказывают колебания кузова транспортного средства, возникающие из-за плохих погодных условий (например, раскачивание кузова порывами ветра) или неудовлетворительного состояния дорожного покрытия. При этом погодные условия также могут существенно влиять и на состояние дорожного покрытия, если речь идет, например, о грунтовых дорогах (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Изменение состояния дороги из-за погоды и сезона

Необходимо учитывать влияние погодных и дорожных условий на транспортировку груза путем отсечения, по-возможности, маршрутов реально или потенциально подвергаемых их воздействию. Для изменения или полного «отсечения» маршрутов предлагается использовать повышенный тариф, доводя его до запретительного в случае таких ситуаций, как использование грунтовых дорог при сильном дожде или снегопаде; сильном порывистом ветре на открытых участках трасс; весеннем половодье и пр.

Тогда с учетом погодных и дорожных условий формула (2.12) будет выглядеть следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} (c_{ij} + \max\{c_{ij}^r; c_{ij}^w\}) \rightarrow \min, \\ \forall x_{ij} \geq 0, \\ \forall c_{ij} \geq 0, \\ c_{ij}^r = \begin{cases} 0 & \text{— для автомагистрали,} \\ > 0 & \text{— для остальных типов дорог,} \end{cases} \\ c_{ij}^w = \begin{cases} 0 & \text{— для сухой безветренной погоды летом,} \\ > 0 & \text{— для других погодных условий и времен года,} \end{cases} \end{array} \right. \quad (2.13)$$

где c_{ij}^r – поправочный тариф на дорожное покрытие и его состояние; c_{ij}^w – поправочный тариф на погодные условия.

Измененная таблица транспортной задачи с учетом (2.13) будет выглядеть, как показано в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Пример заполнения таблицы транспортной задачи с учетом дополнительных тарифов, описывающих погодные и дорожные условия

		Потребители					
		B_1	B_2	-----	B_{m-1}	B_m	
Поставщики	A_1	$c_{ij} + c_{ij}^r$	c_{ij}	-----	c_{ij}	$c_{ij} + c_{ij}^w$	
	A_2	c_{ij}	$c_{ij} + c_{ij}^w$	-----	$c_{ij} + c_{ij}^r$	c_{ij}	
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	-						
	A_{n-1}	c_{ij}	$c_{ij} + c_{ij}^r$	-----	$c_{ij} + c_{ij}^w$	c_{ij}	
	A_n	$c_{ij} + c_{ij}^w$	c_{ij}	-----	c_{ij}	$c_{ij} + c_{ij}^r$	

Суммарные тарифы могут определяться на основании добавления (суммированием или умножением) к основным тарифам повышающих «весовых» коэффициентов. Для оценки весовых коэффициентов можно использовать три вида, так называемой, передаточной функции (рисунок 2.5).

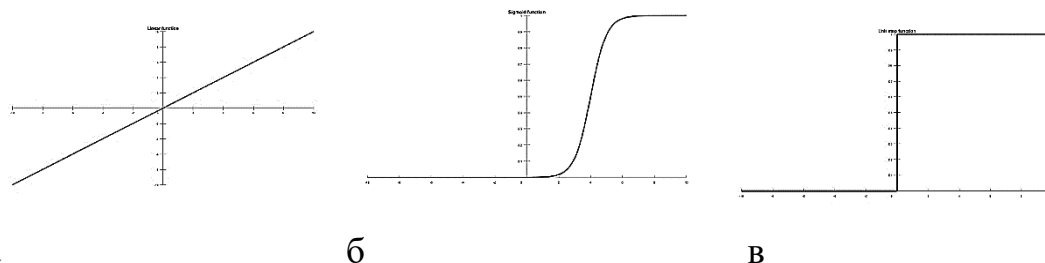


Рисунок 2.5 – Виды функций

Линейная функция (рисунок 2.5,а) позволит увеличивать весовой коэффициент при изменении условий, однако, не сможет учесть быстрые и резкие изменения, например, метеоусловий, когда необходимо запретить передвижение по некоторому участку маршрута. Линейное увеличение тарифа для этого участка может не привести к появлению «запретительного» тарифа, а только лишь выровнять его или несущественно превысить тариф для имеющегося альтернативного маршрута.

Сигмоидальная функция (рисунок 2.5,б) обладает свойством усиливать слабые сигналы лучше, чем сильные, а также предотвращать насыщение от сильных сигналов, приходящих одновременно со слабыми, что позволяет более «тонко настраивать» тарифы. [77,91]

Пороговая функция (рисунок 2.5,в) при приближении к неблагоприятным метеоусловиям (сильный дождь, ветер, снег и пр.) или временам года (весна в большинстве регионов РФ характеризуется половодьем, а осень – утренне-вечерними заморозками) позволит «отсекать» возможность перевозки груза по отдельным маршрутам за счет установления запретительного тарифа c_{ij}^w , равного, например, бесконечности.

Весовые коэффициенты можно выбирать различными способами, один из которых, пожалуй, наиболее точно описывает состояние дорожного покрытия, влияющее на транспортировку груза – это ускорение (таблица 1.1). При этом

для описания тарифа c_{ij}^r можно применить как линейную, так и сигмоидальную функции.

Приведем пример расчета общей стоимости грузоперевозки с использованием MSExcel, принимая во внимание изменение тарифа на некотором участке грузоперевозки вследствие ухудшения погодных условий. Для имитации перевозки выберем реальные маршруты на карте Рязанской области РФ – это яблоневые сады, село Вишневка, Октябрьский район Рязанской области. Участки 1,2,3 представляют собой яблоневые сады, 4 – магазин продовольственной продукции, 5 – склад, 6 – мини завод по переработке свежих яблок в сок. Обозначим потенциально возможные маршруты перевозки от все участков к магазину, складу и мини заводу. Пренебрегаем транспортировкой яблок внутри участков 1-3 и принимаем во внимание только маршруты от ближайшей границы участка до пункта назначения – магазин, склад, мини завод. Тогда маршруты будут выглядеть следующим образом (рисунок 2.6).

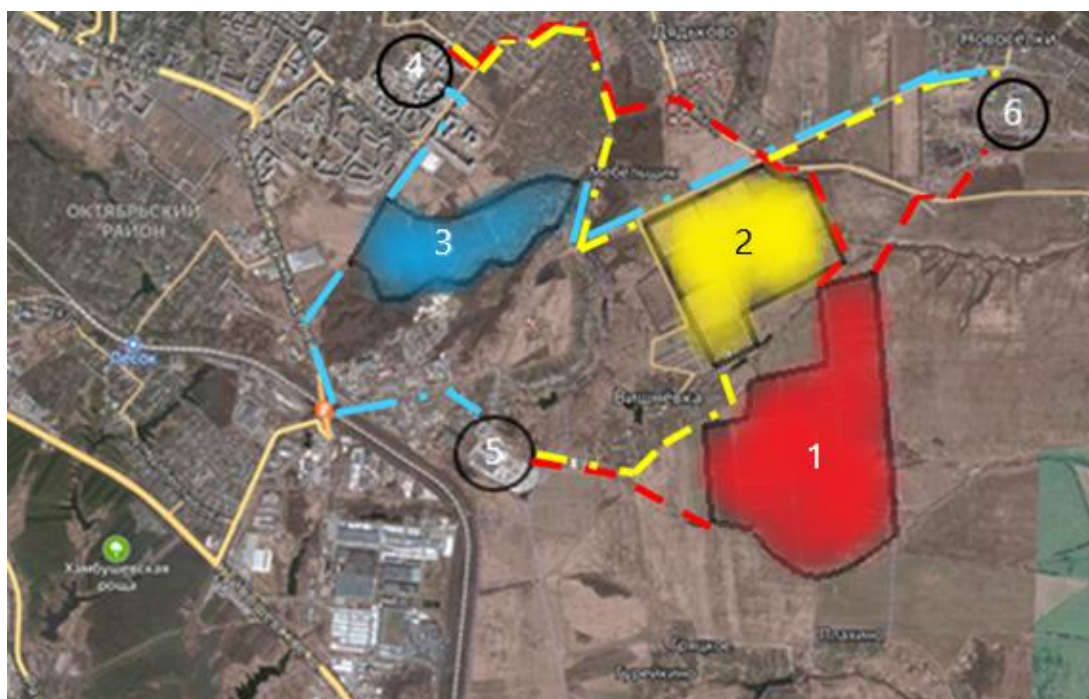


Рисунок 2.6 – Маршруты от участков 1-3 до магазина 4, склада 5 и мини завода 6: маршруты 1-4, 1-5, 1-6 выделены красным цветом; маршруты 2-4, 2-5, 2-6 выделены желтым цветом; маршруты 3-4, 3-5, 3-6 выделены голубым цветом

Из рисунка 2.6 хорошо видно, что существенно зависят от погодных условий и сезона маршруты 1-5, 1-6, 2-5 (полностью проходящие по грунтовым дорогам, а 1-6 – пересекает овраг); частично зависят от этих условий маршруты 1-4, 2-4, 3-6 (часть маршрута проходит по грунтовым дорогам); слабо зависят вышеуказанных условий остальные маршруты, поскольку проходят по асфальтированным дорогам.

Исключим из рассмотрения состояние асфальта на этих участках дорог вследствие малой протяженности маршрута и, предполагая, что скорость транспортного средства на них невысока. Следовательно, для маршрутов 1-5, 1-6, 2-5 могут быть введены увеличивающие весовые коэффициенты вплоть до запретительных (сигмоида), а для 1-4, 2-4, 3-6 линейно увеличивающие тариф весовые коэффициенты.

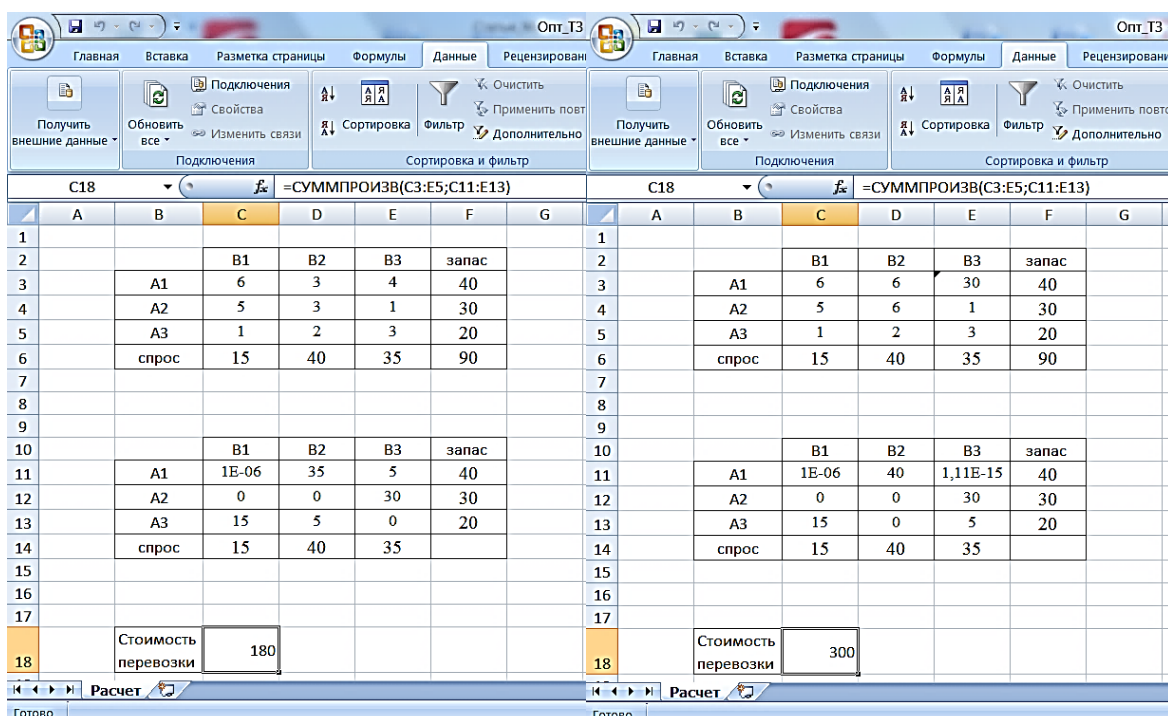
Исходные весовые коэффициенты могут быть получены как на основе оценки статистических данных повреждаемости и сохранности продукции, перемещаемой по этим маршрутам в различных погодных условиях, так и на основе оценки, например, ускорения непосредственно в процессе перевозки с последующим построением номограммы изменения тарифа от состояния дорожного покрытия и скорости транспортного средства на нем.

Составим транспортную таблицу и назначим тарифы (в рублях за тонну груза) для летней сухой и безветренной погоды, учитывая протяженность маршрута и географические особенности местности, где он проложен. Произвольно назначим запасы яблок на участках 1-3 в тоннах и установим потребность в продукции (таблица 2.4) магазина, склада и минизавода по производству яблочного сока также в тоннах (как видно из таблицы – задача закрытая).

Решение для данной таблицы в MSExcel с помощью опции «Поиск решения» имеет следующий вид (рисунок 2.7, а).

Таблица 2.4 – Транспортная таблица для летней сухой и безветренной погоды

		Потребители			
		B_1 (магазин 4)	B_2 (склад 5)	B_3 (минизавод 6)	Запасы
Поставщики	A_1 (участок 1)	6	3	4	40
	A_2 (участок 2)	5	3	1	30
	A_3 (участок 3)	1	2	3	20
	Потребности	15	40	35	90



а

б

Рисунок 2.7 – Решение транспортной задачи с исходными тарифами (а) и увеличенными вследствие ухудшения погодных условий (б)

Изменим тарифы вследствие изменения, например, погодных условий, когда по маршрутам 1-5, 1-6, 2-5 передвигаться либо опасно, либо колебания кузова транспортного средства существенно возрастают из-за ухудшения состояния дорожного покрытия, вызывая повышение травмируемости плодов. Особенно это касается маршрута 1-6, проходящего через овраг, который в непогоду может стать «ловушкой» для транспортного средства. Наложим

запретительный тариф на этот маршрут равный сумме тарифов всех маршрутов, а также двукратно увеличим тарифы на маршрутах 1-5 и 2-5 (рисунок 2.7,б).

Хорошо видно, что по маршрут 1-6 исключается из графика транспортировки продукции, при этом, к сожалению, возрастает стоимость транспортировки. В этих условиях руководителю (собственнику) следует принять решение о решении данной дилеммы – либо принять риски сохранения маршрута при изменении условий, либо гибко менять маршрут, понимая, что это позволит, в конечном итоге, сохранить технику, продукцию и, возможно, жизнь водителя транспортного средства.

Здесь же следует указать, что для минизавода по производству сока не так «критична» поврежденная продукция, если она сразу же поступает на переработку. Однако, критично состояние техники, ее перевозящей, в частности состояние узлов и деталей подвески транспортного средства, затраты на ремонт которой могут существенно превысить разницу между стоимостью перевозки в теплую и сухую летнюю погоду и весеннюю распутицу [91].

Выводы по второй главе

Предлагаемый метод учета в тарифах природно-климатических и дорожных условий позволит уточнить их на основе введения весовых коэффициентов, изменяющих тарифы вплоть до запретительных по линейному, пороговому или сигмоидальному закону.

Оценка весовых коэффициентов, увеличивающих тарифы, может быть проведена на основе построения номограммы изменения тарифов от состояния дорожного покрытия и скорости на нем на основании оценки статистики повреждаемости плодоовощной продукции в зависимости от погоды и времени года.

Хотя общая стоимость перевозки при предлагаемом подходе будет возрастать относительно исходного оптимизированного решения, однако этот рост будет компенсироваться снижением затрат на ремонт транспортных средств, у которых повышается интенсивность износа деталей и узлов подвески на дорогах с покрытием, изменяющих свое состояние от, например, наличия или отсутствия осадков и их интенсивности.

ГЛАВА 3 ОБЩАЯ И ЧАСТНЫЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Общая методика исследования

В результате теоретического исследования были установлены факторы внешнего и внутреннего окружения, оказывающие влияние на параметры длительности перевозки и повреждаемости сельскохозяйственного груза. Предложена математическая модель описывающая перевозку грузов от нескольких поставщиков к нескольким потребителям с учетом погодных и дорожных условий.

Для практической проверки выводов теоретического исследования были применены общая и частные методики исследования

Общая методика исследования базируется на российских и межгосударственных стандартах и технических условиях относительно правил приемки, методов определения качества, упаковки, транспортировки, которые распространяются на плодовоовощную продукцию вообще и яблоки в частности.

Составляющие общей методики исследования изображены на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Общая методика исследования

Ключевыми документами является Межгосударственный стандарт ГОСТ 16270-70 Яблоки свежие ранних сроков созревания. Технические условия (с Изменениями N 1-7) [24] и ГОСТ 34314-2017 Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия[31]

В соответствии с техническими требованиями ГОСТ16270-70 яблоки подразделяются на два товарных сорта. ГОСТ 34314-2017 определяет три товарных сорта – высший, первый, второй. ГОСТ регламентирует характеристику и нормы для каждого товарного сорта.

Яблоки, относящиеся к каждому товарному сорту должны обладать следующими свойствами:

- целостность;
- развитость;
- чистота;
- отсутствие излишней влажности;
- отсутствие постороннего запаха и привкуса.

Яблоки каждого сорта должны соответствовать нормам и требованиям, регламентированным ГОСТ 16270-70, по показателям: внешний вид, размер плодов по наибольшему поперечному диаметру, зрелость, допускаемые отклонения: механические повреждения в местах заготовки, в местах назначения; повреждения вредителями и болезнями [24].

Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов регламентируются СанПиН 2.3.2.1078-01 [74].

Правила приемки определяют партии - количество яблок одного товарного и помологического сорта. Партия упакована в определенную тару, которая должна быть одного вида и типа размера. Партия оформляется одним документом по форме, утвержденной в установленном порядке. Допускается оформление одним документом нескольких партий, при условии их доставки одним транспортным средством.

При приемке яблок допускаются следующие нормативы: в первом сорте не более 5% плодов второго товарного сорта, во втором сорте - не более 5%

плодов, не отвечающих требованиям этого сорта, но пригодных для потребления в свежем виде [24].

Методы определения качества.

При помощи выборочного наблюдения отбираются на проверку из ящиков точечные пробы (снизу, сверху, из середины). Выборочная совокупность не должна быть меньше 25% массы яблок в выборке, при этом масса каждой точечной пробы не должны быть менее 1 кг.

При взвешивании допускается погрешность не более 0,1 кг.

ГОСТ 26927, ГОСТ 26930 - ГОСТ 26934 определяют содержание токсичных элементов в яблоках [28, 29, 30].

К упаковке, транспортировке, маркировке и хранению также предъявляются особенные требования.

Для транспортировки плодовоовощную продукцию, в частности, яблоки, упаковывают в ящики. ГОСТ 10131-93 определяет требования к дощатым, решетчатым, а так же из листовых и древесных материалов неразборным ящикам [22].

ГОСТ 10131-93, ГОСТ 17812-72, ГОСТ 20463-75 регламентируют упаковку фасованных яблок в ящики [22, 23, 25].

Согласно техническим требованиям яблоки перевозят всеми видами крытых транспортных средств (допускается перевозки в открытых транспортных средствах, исключение составляют вагоны, при условии соблюдения температурного режима - температура не должна опускаться ниже 0 °С). При транспортировке необходимо соблюдение требований и правил перевозки скоропортящихся грузов, которые действуют на каждом виде транспорта.

Допускается транспортирование яблок транспортными пакетами по ГОСТ 24597 и ГОСТ 26663. [26,27]

Общая методика исследования легла в основу формирования частной методики и проведения экспериментальных исследований процесса грузоперевозки яблок.

Стоимость грузоперевозок сельскохозяйственной продукции всеми видами транспорта, в том числе и автомобильным транспортом, определяется в соответствии с тарифом – ценой за единицу предоставленной транспортной услуги по перевозке груза.

В себестоимость перевозок (работ, услуг) автомобильного транспорта включаются текущие затраты трудовых и материальных ресурсов, затраты по воспроизводству основных производственных фондов, затраты, связанные с необходимым кадровым обеспечением, включая расходы на управление, обеспечение сохранности имущества, соблюдением необходимых требований по охране окружающей среды, выполнением и обязательств перед банком по предоставленным кредитам, налоги и сборы [46].

Различают несколько видов тарифов: за километр, за тонно-километр, за тонну, за один рейс (ездку), за час работы, за смену. Выбор тарифа зависит от специфики предоставления транспортных услуг конкретных предприятий.

Обобщенная методика расчета затрат на 1 км пробега (3.1) пробега включает в себя следующие составляющие:

$$Z = Z_{\text{т}} + Z_{\text{см}} + Z_{\text{то}} + Z_{\text{а}} + Z_{\text{ш}} + Z_{\text{зн}} + Z_{\text{н}} \quad [\text{ден.ед./км}], \quad (3.1)$$

где $Z_{\text{т}}$ - затраты на топливо, ден.ед. / км;

$Z_{\text{см}}$ - затраты на смазочные и обтирочные материалы, ден.ед. / км;

$Z_{\text{то}}$ - затраты на тех. обслуживание и текущий ремонт, ден.ед. / км;

$Z_{\text{а}}$ - затраты на амортизацию, ден.ед. / км;

$Z_{\text{ш}}$ - затраты на ремонт и восстановление шин, ден.ед. / км;

$Z_{\text{зн}}$ - затраты на зарплату водителей, ден.ед. / км;

$Z_{\text{н}}$ - затраты на накладные расходы, ден.ед. / км.

Каждая из составляющих имеет свои особенности и специфику расчета.

Расчет статьи "Затраты топлива" производится по формуле:

$$Z_T = \frac{C_T \cdot N_T \cdot K_3}{100} \quad [\text{ден.ед}/\text{км}] \quad (3.2)$$

где C_T - оптовая цена топлива;

N_T - норма расхода топлива, л / 100 км;

K_3 - коэффициент, учитывающий повышенный расход топлива в зимний период.

При этом, в соответствии с Распоряжением Минтранса России от 14.03.2008 N АМ-23-р (ред. от 20.09.2018) "О введении в действие методических рекомендаций "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» нормы расхода топлива увеличиваются при следующих условиях:

При работе автотранспорта в зимнее время – от 5-20% включительно (Москва, Рязанская область – не более 10%; количество месяцев – 5)

При работе автотранспорта на дорогах общего пользования I, II, III категорий в горной местности, включая города, поселки и пригородные зоны, при высоте над уровнем моря:

От 300 до 800 м - до 5% (нижнегорье);

От 801 до 2000 м - до 10% (среднегорье)

От 2001 до 3000 м – до 15% (высокогорье)

свыше 3000 м - до 20% (высокогорье)

Работа автотранспорта на дорогах общего пользования I, II и III категорий со сложным планом (вне пределов городов и пригородных зон), где в среднем на 1 км пути имеется более пяти закруглений (поворотов) радиусом менее 40 м (или из расчета на 100 км пути - около 500) - до 10%, на дорогах общего пользования IV и V категорий - до 30%. [69].

Так же увеличивает нормы расхода топлива при работе автотранспорта, требующей частые технологические остановки на осуществление погрузочно-разгрузочных работ, при движении автомобилей с пониженной средней

скоростью движения, связанную с перевозкой крупногабаритного груза, тяжеловесных, опасных грузов и т.д. [51].

Расчёт статьи "Затраты на смазочные и обтирочные материалы" производится по формуле:

$$Z_{см} = \frac{C_m \cdot N_m + C_{тр} \cdot N_{тр} + C_k \cdot N_k}{100} \quad [ден.ед/км], \quad (3.3)$$

где $N_{тр}, N_m, N_k$, - нормы расхода машинного, трансмиссионного масел и пластической смазки на 100 км пробега.

$C_{тр}, C_k, C_m$ - оптовые цены соответственно на применяемые масла, ден.ед.

Методические рекомендации [74] регламентируют нормы расхода смазочных материалов для каждого вида транспорта.

Расчет статьи "Затраты на восстановление и ремонт шин" производится по формуле:

$$Z_{ш} = \frac{(C_{ш} \cdot n_{ш} \cdot \kappa_p)}{Z_{аш}} \cdot \frac{Z}{Z_{аш}} \quad [ден.ед/км], \quad (3.4)$$

где $C_{ш}$ - оптовая (розничная) цена на одну шину, ден.ед.;

$n_{ш}$ - количество ходовых шин, шт.;

$Z_{аш}$ - амортизационный пробег шин, т.е. ходимость шин, км;

κ_p - коэффициент, учитывающий затраты на ремонт шин.

Так же при определении тарифа учитывается заработная плата водителя, накладные расходы.

Специализированные транспортные компании учитывают, в первую очередь, расстояние, определяя тариф за километр. Еще один вариант – общая стоимость пути. При этом вес перевозимого груза всегда учитывается при формировании тарифа.

Таким образом, процесс грузоперевозки сельскохозяйственной продукции определяется не только российскими международными стандартами

и техническими условиями, но и экономическими интересами предприятий, оказывающих транспортные услуги.

3.2 Частные методики исследования

Модели грузоперевозок сельскохозяйственной продукции включают одно или несколько логистических решений, принимаемых различными участниками данного процесса, среди которых ключевыми являются:

- выбор грузоотправителями количества, расположения и размеров распределительных центров;
- выбор грузоотправителя по размеру отгрузки (частота перевозок);
- выбор грузоотправителями/экспедиторами режимов в транспортной цепочке, которые построены на основе распределительные сети, и учитывают эффект масштабирования (более крупные транспортные средства используемые, например, для основной перевозки, имеют более низкие удельные затраты);
- выбор экспедитором/перевозчиком размера/типа транспортного средства;
- выбор экспедиторами/перевозчиками перегрузочных терминалов;
- выбор маршрутов перевозчиками/водителями (между Р, С и «промежуточными точками»);
- выбор экспедиторами/перевозчиками обратных перевозок (перестановка транспортных средств и погрузка единиц), включая пустые возвраты [48, 100].

Концептуальные, теоретические вопросы эксплуатации транспортных сооружений, мероприятий обеспечения безопасности дорожного движения и дорожного сервиса, как правило, хорошо описываются при помощи экономико-математического моделирования.

3.2.1 Использование экономико-математических моделей

Практика применения и использования экономико-математических моделей при организации дорожного движения показывает, что основной

проблемой является выбор критерия, используемого в модели. Изначально, основная часть моделей исследования операций была рассчитана на однокритериальность, что нашло свое отражение и в моделях, которые применялись для решения транспортных задач, например, выбора маршрута движения. Как правило, основным критерием является экономический тариф – стоимость перевозок различных грузов и материалов, простоев транспортных средств, экономические потери от дорожно-транспортных происшествий и т.д. И при этом не учитываются, игнорируются социально-экономические, технологические, экологические, климатические факторы. Однако именно они могут существенно изменить как саму модель, так и эффективность ее использования в различных областях.

Модели линейного программирования, массового обслуживания, управления выбора маршрута имеют целевую функцию вида:

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} c_{ij} \rightarrow \min, \quad (3.5)$$

где C – общие затраты на перевозку грузов с n -предприятий (производителей, поставщиков) на m -объекты реализации;

x_{ij} – объем поставок грузов с i -го предприятия на j -й объект;

c_{ij} – стоимость перевозки единицы груза (тариф) [49].

При этом значения c_{ij} относятся к неуправляемым параметрам, так как стоимость перевозки единицы груза определенного класса при фиксированном расстоянии формируется по утвержденным тарифам, прейскурантам, ценникам и не подлежит изменениям. Однако на современном этапе организации перевозок необходимо пересмотреть данный подход и при подсчете тарифов учитывать, например, климатические и метеорологические условия во время перевозки груза (рисунок 3.2).

С учетом вышесказанного, значения параметра c_{ij} с учетом факторов погодных условий становится управляемым, что оказывает влияние на формирование тарифных ставок перевозок, которые будут зависеть не только от дальности перевозок, но и погодных условий в каждый определенный момент времени.



Рисунок 3.2 – Изменение погодных условий для одной и то же местности

Влияние данных условий позволяют модернизировать функцию (3.5), которая примет следующий вид:

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} (c_{ij} + c_{ij}^w) \rightarrow \min, \quad (3.6)$$

где c_{ij}^w – стоимость перевозки единицы груза (тариф), величина которого находится в функциональной зависимости от погодных условий в момент перевозки, например, дождя, снега, тумана, ветра.

Графически концепция учета изменения тарифа под влиянием основных погодных условий представлена на рисунке 3.3.

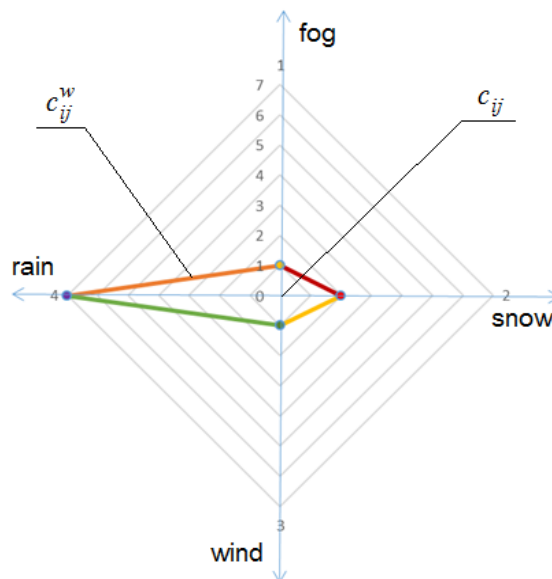


Рисунок 3.3– Концепция учета изменения тарифа грузоперевозки под влиянием погодных условий

При построении модели, описывающей процесс доставки грузов, выявлен ряд факторов, влияющих на формирование конечного экономического результата – тарифа перевозки (рисунок 3.3).

- 1) Базовый тариф перевозки грузов c_{ij} – начало координат (точка 0).
- 2) Различные погодные условия на момент перевозки увеличивают тариф, например, если ожидается незначительный туман, то величина тарифа устанавливается в точке 1 оси «туман», а если ожидается ливень, то тариф устанавливается в точке 4 оси «дождь», что соответствует максимально возможному увеличению тарифа для данной местности и дорожных условий. При этом возможен учет различных вариантов изменения погодных условий во время перевозки грузов, что отражается «перемещением» точек по линиям номограммы.
- 3) Функция c_{ij}^w может быть выражена в долях или процентах от базового тарифа перевозки грузов c_{ij} , при этом c_{ij}^w может оказаться существенно выше базового тарифа и выступать – при наличии сложных погодных условий – как запрещающий тариф.

Принятие решения о выборе маршрута либо остается за организацией, которая направляет водителя из пункта «А» в пункт «Б», если организация делает акцент любым способом минимизировать издержки, либо за водителем – в случае делегирования ему полномочий по выбору наиболее безопасного (но не всегда оптимального с точки зрения затрат) маршрута [55,105].

Первый случай для водителя является безальтернативным, а во втором возможны следующие варианты прохождения маршрута:

1. оптимистичный – минимизация времени или расстояния независимо от погодных и дорожных условий, опираясь только на свое «мастерство»;
2. пессимистичный – принятие во внимание всех возможных вариантов неблагоприятного развития событий, в первую очередь путем снижения скорости движения и объезда вероятно опасных участков;

3. сбалансированный – движение с принятием во внимание реальных погодных условий и состояния дорожного покрытия.

Факт учета состояния дорожного покрытия при прокладывании маршрута связан и с необходимостью принятия во внимание таких «технических» факторов грузоперевозок, как смещение груза в процессе перевозки, механические удары груза о кузов, повышение уровня вибрации в процессе движения и другие. Перемена дорожных покрытий, неровности, мелкие ямы и выбоины (ухабы) на маршруте перевозки груза может привести к созданию аварийной ситуации, в том числе к опрокидыванию автотранспортного средства и его повреждению либо полной утрате груза.

Специалисты логистических компаний хорошо знают, что самый короткий путь не всегда самый оптимальный, поскольку приходится принимать во внимание качество дорожного покрытия на выбранном маршруте. Поэтому при планировании маршрута специалисты по логистике стараются избегать участков со сложными дорожными условиями или устанавливают на них дополнительные ограничения скорости. При этом для сравнительно безопасной перевозки автотранспортом овощей и фруктов уже установлены следующие скоростные ограничения: на дорогах регионального значения – не более 60 км/ч, на федеральных трассах – до 90 км/ч.

К сожалению, такие ограничения устанавливаются, в основном, на основании собственного опыта – стандарты на максимальные перемещения или ускорения груза в процессе его транспортировки отсутствуют. При этом действительно важным параметром является ускорение груза (или его отдельных частей) в процессе движения транспортного средства, а не его скорость, поскольку именно ускорение характеризует силу инерции, которая воздействует на объект. Иначе говоря, ускорение характеризует силовое динамическое взаимодействие элементов груза с кузовом или тарой, а также отдельных единиц груза между собой и тарой/кузовом. Поэтому, чем выше величина ускорения, тем с большей силой взаимодействуют единицы груза

друг с другом и тарой/упаковкой/кузовом, и, следовательно, тем большие повреждения получит сам груз или его отдельные единицы (например, плоды).

3.2.2 Методика исследования оценки ускорений при перевозке сельскохозяйственных грузов

В рамках вышеописанного подхода были проведены экспериментальные исследования оценки ускорений при перевозках сельскохозяйственных грузов на разных типах дорог. Для чего использовался автомобиль «Форд Транзит» (рисунок 3.4), достаточно часто применяемый в фермерских хозяйствах для перевозки небольших партий грузов.



Рисунок 3.4 – Автомобиль с установленным в его кузове ящиками с яблоками

Ящик с яблоками устанавливался в трех позициях – по диагонали кузова автомобиля – для оценки влияния колебаний, передаваемых с дорожного полотна через подвеску автомобиля, на расположение груза в кузове (рисунок 3.5).

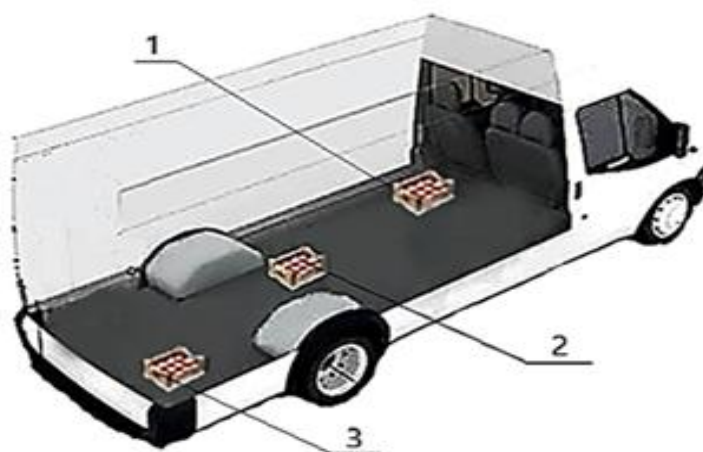


Рисунок 3.5 – Варианты расположения ящика с яблоками в кузове автомобиля

Для проведения опытов выбраны дороги с тремя типами покрытия – асфальт, щебень и грунт (рисунок 3.6).



а

б

в

Рисунок 3.6 – Используемые при проведении экспериментов дороги:

а – асфальт; б – грунт; в – щебень

Скорость автомобиля была установлена в диапазоне 10...50 км/ч (для асфальта – максимум, для двух остальных покрытий – минимум). Время проведения экспериментов – март, для которого характерна сравнительно высокая «разбитость» дорожного покрытия.

Для регистрации колебаний использовалось программное обеспечение:

1. «Измеритель вибрации 1.3.6 APK for Android» для смартфона.
2. «Измеритель вибрации VibSensor Ark» Версия: 2.1.1 для смартфона.
3. Акселерометр приложения Dynamic Signal Analyzer – VR Mobile.

Приложение «Измеритель вибрации 1.3.6 APK for Android» для смартфона позволяет измерять вибрацию, в том числе землетрясения, вибрацию человеческого тела или любых других объектов (рисунок 3.7), при этом для записи и анализа результатов измерений используется акселерометр смартфона. График представляет запись ускорения в виде функции времени по трем декартовым осям, где ось z перпендикулярна поверхности Земли, а оси x и y параллельны поверхности.



Рисунок 3.7– Используемый программный продукт «Измеритель вибрации 1.3.6 APK for Android» для смартфона

Приложение «Измеритель вибрации VibSensor Ark» Версия: 2.1.1 для смартфона это виброметр, предназначенный для применения в науке и технике, где требуются количественные данные акселерометра и вибрации. Он превращает ваше мобильное устройство в виброметр или сейсмометр с простым сбором, хранением данных (рисунок 3.8).

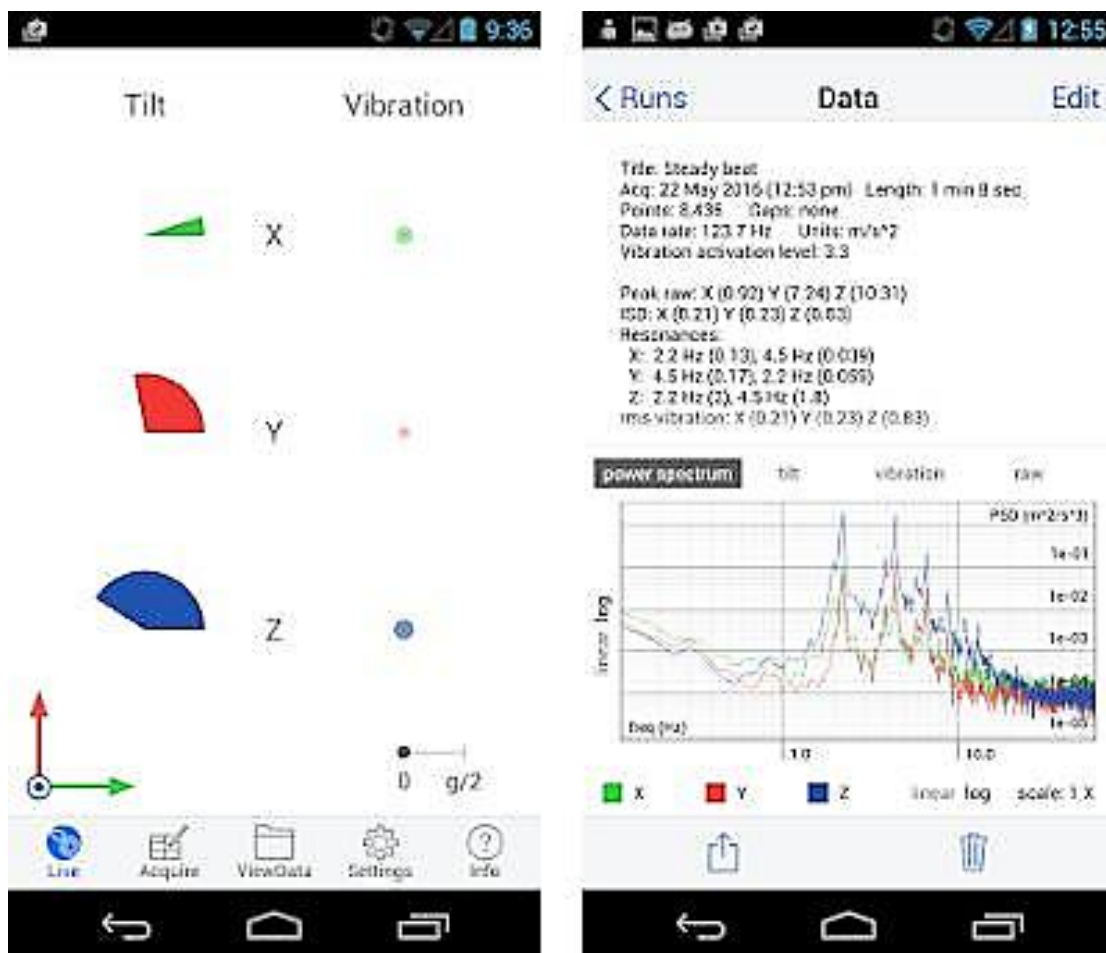


Рисунок 3.8 – Уменьшенный скриншот программного продукта «Измеритель вибрации VibSensor Ark» Версия: 2.1.1 для смартфона

VR Mobile (рисунок 3.9) подключается к анализатору динамических сигналов ObserVR1000 или VibrationVIEW для мониторинга вибрационных испытаний в реальном времени с помощью телефона или планшета. Он также содержит инженерные калькуляторы, стробоскоп, измеритель уровня шума и акселерометр.

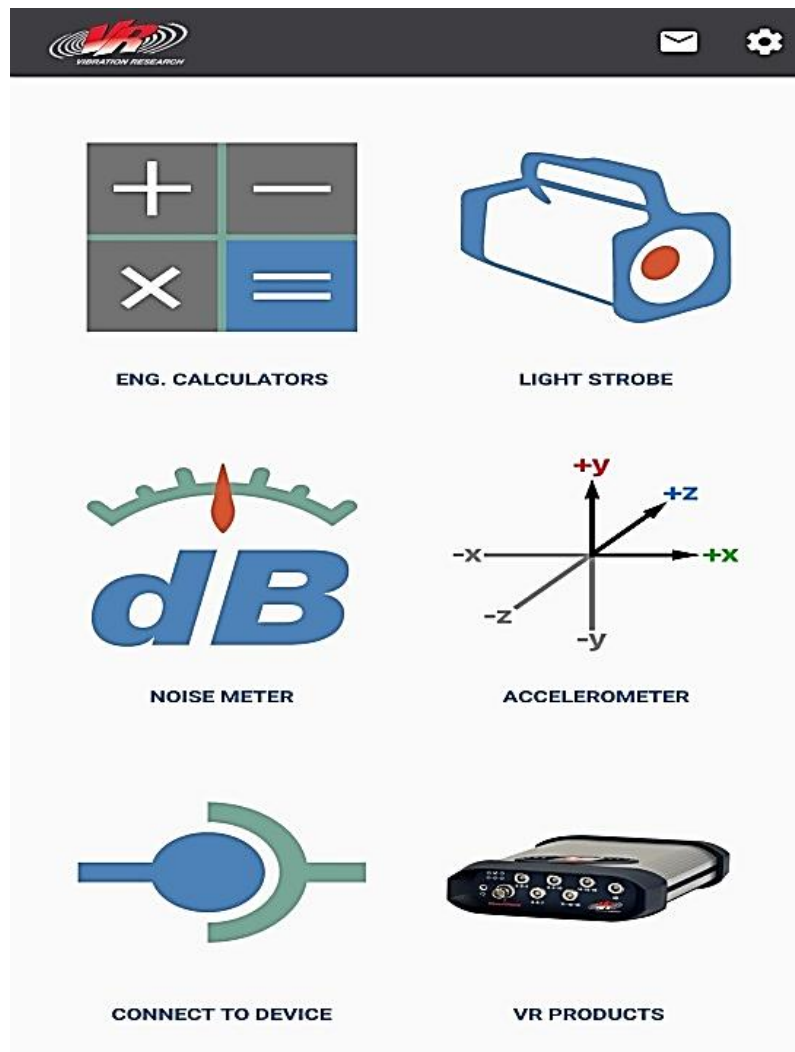


Рисунок 3.9 –Скриншот экрана программного продукта «VR Mobile» для смартфона

Для проведения эксперимента был выбран программный продукт «Измеритель вибрации 1.3.6 APK for Android» для смартфона.

В качестве объекта исследований были выбраны яблоки, уложенные в стандартный ящик, размещаемый в пяти положениях в кузове автомобиля «Форд Транзит» (рисунок 3.11).

Смартфон с программным продуктом был расположен в центре ящика с яблоками (рисунок 3.10). Одновременно были сделаны видеозаписи положения как яблок в ящике, так и ящика с яблоками в кузове автомобиля при его движении.

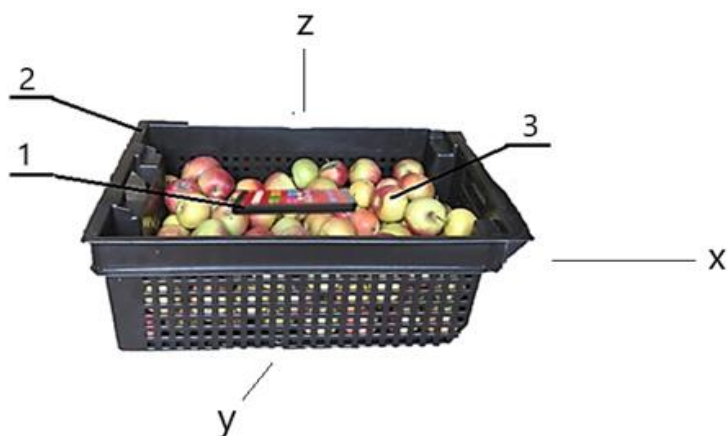


Рисунок 3.10 – Расположение смартфона 1 в ящике 2 с яблоками 3 по отношению к осям координат x, y, z

Анализ состояния подвески автомобиля показал, что достаточно использовать одну из двух диагоналей для размещения ящика – 1-2-3 или 2-4-5 – в предположении симметричности ударно-колебательных воздействий на оси автомобиля со стороны дорожного покрытия (рисунок 3.11).

Был выбран вариант 2-4-5 вследствие наличия на этой диагонали водителя транспортного средства, чья масса, существенно превышающая массу ящика с яблоками, может оказать влияние на колебательные процессы в кузове автомобиля.

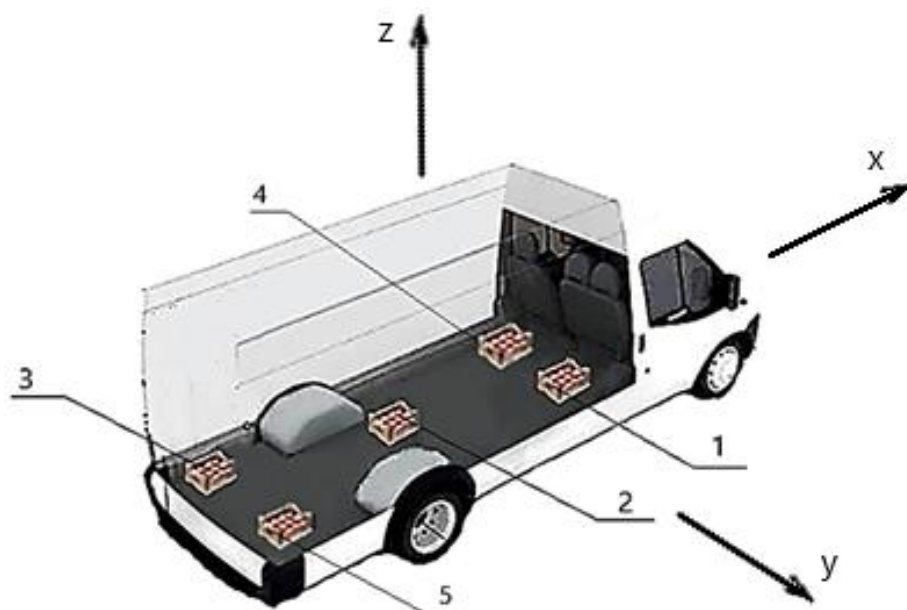


Рисунок 3.11 - Варианты расположения ящика с яблоками в кузове автомобиля и направления осей измерения ускорения x, y, z

Направления осей измерения ускорения совпадали с продольной осью автомобиля – ось x, поперечной – ось y и вертикальной – ось z.

Для измерения ускорения в декартовой системе координат использовалось программное обеспечение «Измеритель вибрации 1.3.6 APK», установленное на iPhone 5, который располагали в центре ящика с яблоками (рисунок 3.10).

Измерения проводились на дорогах с тремя различными типами покрытий – асфальт, щебень и грунт на скоростях автомобиля, находящихся в диапазоне 20...50 км/ч. При этом пределы скорости были выбраны на основании предварительных замеров ускорений яблок, показавших недопустимо большие значения при превышении 20 км/ч для грунта и щебня, и 50 км/ч – для асфальта на некоторых участках движения.

Для измерения массы яблок использовались весы Mercury M-ER 326AFU-3.01 LCD Post II.

Программа исследования включала следующие позиции:

- тарировка программного обеспечения для смартфона с определением цены деления шкалы в различных диапазонах измерений;
- определение ускорений яблок по осям x, y, z, которые были размещены в ящике, поочередно устанавливаемом в позициях 2,4,5 при скоростях движения автомобиля 20 км/ч для грунта и щебня, 30 км/ч и 50 км/ч – для асфальта.

Задачами исследования являлись определение положения ящика с яблоками в кузове автомобиля, позволяющего минимизировать их колебания при различных скоростях автомобиля на различных дорожных покрытиях, а также оценка изменения кинетической энергии отдельного плода за время транспортировки.

При проведении исследований использован метод замера ускорений в трех направлениях встроенным в смартфон акселерометром, а также классические расчетные методы, позволяющие определить скорость яблока и его кинетическую энергию.

3.2.3 Методика оценки сохраняемости яблок после их транспортировки в кузове автомобиля

Для проведения эксперимента был выбран сорт плодов «Айдаред», имеющий крупные сочные плоды с плотной мякотью, достаточно устойчивый к повреждениям и хорошо сохраняющийся при зимнем хранении.

Плоды (по 10 штук) были уложены в две картонные коробки и накрыты стеклом для снижения влияния влажности и температуры в помещении, где проводились эксперименты, на показания оборудования.

Измерение массы плодов осуществлялось с помощью весов MW-1451 SR (рисунок 3.12-3.13).



Рисунок 3.12 - Весы настольные, MW-1451 SR (1 - Съёмная емкость для взвешивания; 2 - Корпус весов; 3 - Кнопка выбора режимов работы; 4 – Дисплей; 5 - Кнопка обнуления веса, включения/выключения)



Рисунок 3.13 – Дисплей (6 –вес тары; 7 – отрицательное значение «-», 8 – исходный вес «0», 9 - Режим взвешивания «Weight»; 10 - Режим измерения объема молока; 11 – вес в граммах; 12 – Вес в миллилитрах; 13 – измерение в жидких унциях; 14 – вес (фунты: унции); 15- режим измерения объема воды.)

Технические характеристики:

Электропитание: литиевая батарея CR2032

Максимальный вес: 5 кг

Цена деления: 1 г.

Измерения диаметра плодов осуществлялись с помощью рулетки Р5У3К ГОСТ 7502-98 [32] с длиной ленты 5 м и ценой деления 1 мм, класс точности – 3 (рисунок 3.14)



Рисунок 3.14 - рулетка Р5У3К

Измерения влажности и температуры были проведены с использованием термогигрометра REXANT (Арт. 70-0515) (рисунок 3.15, 3.16)



Рисунок 3.15 – Внешний вид термогигрометра REXANT (Арт. 70-0515)

www.rexant.info

Руководство по эксплуатации
Термогигрометр комнатно-уличный REXANT
Арт. 70-0515

1. Спецификации:

- Диапазон температур внутри помещения: -10°C ~ +50°C (+14°F ~ +122°F) снаружи: -50°C ~ +90°C (+58°F ~ +194°F)
- Диапазон измерения влажности внутри помещения: 20% ~ 99%
- Питание: батарейка 1.5V (AAA) x 1 шт.
- Температурное разрешение 0,1°C (0,2°F)

2. Функции:

- Отображение температуры внутри и снаружи помещения.
- Отображение влажности внутри помещения.
- Единицы измерения температуры: °C/°F
- Функция запоминания Мин/Макс. значения температуры и значения времени на дисплее как снаружи помещения так и внутри.
- Отображение степени комфортности:

☺ - Появляется когда комнатная температура: 18°C ~ 25°C (64°F ~ 77°F) и влажность воздуха в помещении 40% ~ 65%

☹ - Появляется при иных значениях температуры и влажности воздуха.

3. Начало работы и настройка:

3-1. Установите батарейку в отсек, с соблюдением полярности, закройте крышку и прибор начнет работать.

3-2. Функции кнопок:

[IN MAX/MIN] - кнопка для отображения на дисплее значений минимальной и максимальной температур внутри помещения.

[OUT MAX/MIN] - кнопка для отображения на дисплее значений минимальной и максимальной температур вне помещения.

[°C/°F] – выбор единицы измерения температуры по Цельсию (°C) или Фаренгейту (°F).

4. Внимание:

4-1. В случае любой неправильной работы дисплея, вытащите батарейку из блока цифровой метеостанции и вставьте обратно через 2 секунды, после чего прибор вернется к нормальному режиму отображения.

4-2. Правильно утилизируйте использованные батарейки.

4-3. Производитель имеет право внести изменение в прибор, будь то цвет, форма или другая особенность, без дополнительного уведомления.

Рисунок 3.16 – Инструкция по эксплуатации термогигрометра REXANT (Арт. 70-0515)

Выводы по третьей главе

В рамках третьей главы описаны общая и частные методики исследования по использованию экономико-математических моделей, исследования оценки ускорений при перевозке сельскохозяйственных грузов и оценке сохраняемости яблок после их транспортировки в кузове автомобиля.

ГЛАВА 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГРУЗОПЕРЕВОЗКИ ЯБЛОК НА ДОРОГАХ С РАЗЛИЧНЫМ ПОКРЫТИЕМ С ОЦЕНКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА РАЗРАБОТАННЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ

4.1 Оценка ускорений плодов яблок при их перевозке в таре на дорогах с различным покрытием

Развитая транспортная система чрезвычайно важна для эффективного сельскохозяйственного маркетинга. Если транспортные услуги, т.е. услуги перевозки сельскохозяйственных грузов, нечастые, некачественные или дорогие, то производители сельскохозяйственной продукции оказываются в невыгодном положении. Сезонные непроходимые дороги в сочетании с плохим хранением могут привести к потерям определенных сельскохозяйственных культур, например, молока, свежих овощей и др. Если транспортный маршрут грузоперевозок пролегает через неровные дороги, дороги с покрытием из щебня или грунтовые дороги, то перевозка других сельскохозяйственных культур, например, фруктов также может быть убыточной в связи с большой порчей товара. Целью экспериментальной части исследования является учет влияния дорожного покрытия на маршруте движения транспортных средств и погодных условий во время перевозки сельскохозяйственных грузов на ускорение плодов, перевозимых в таре (ящиках) с последующей оценкой их сохраняемости.

При помощи программного продукта «Измеритель вибрации 1.3.6 APK for Android» для смартфона были проведены измерения вибрации при перевозке яблок по дорогам с покрытиями грунт, асфальт, щебень. Скорость автомобиля составляла 10-15 км/ч. На рисунках 4.1 – 4.3 последовательно представлены фото экрана измерителя вибрации при движении по дороге с покрытием «щебень», «асфальт» и «грунт».

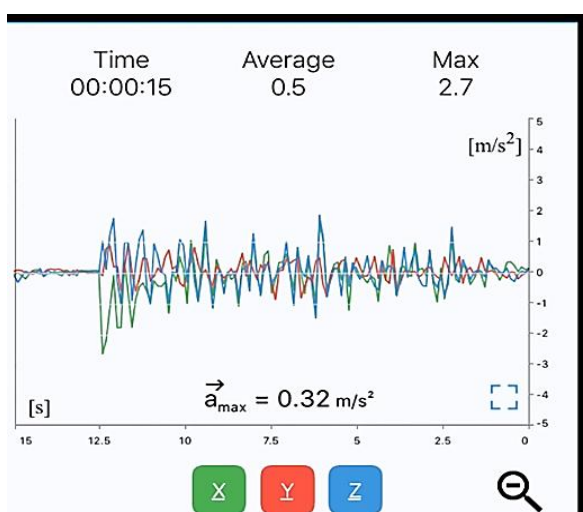
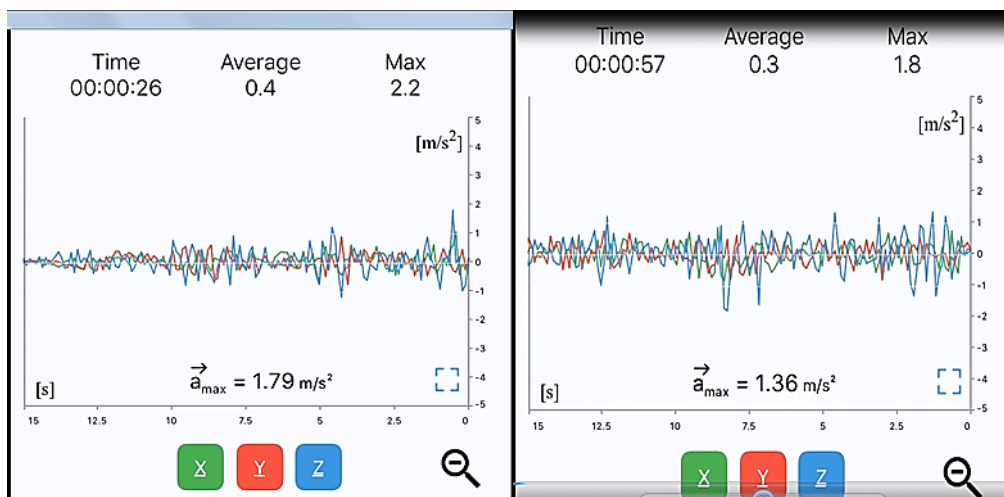


Рисунок 4.1 - Фото экрана измерителя вибрации при движении по дороге с покрытием «щебень» со скоростью 10-15 км/ч

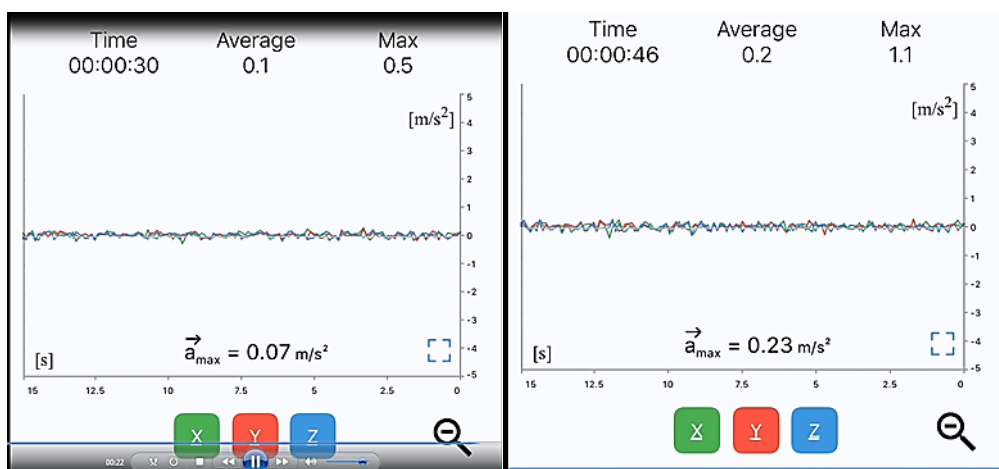


Рисунок 4.2 - Фото экрана измерителя вибрации при движении по дороге с покрытием «асфальт» со скоростью 10-15 км/ч

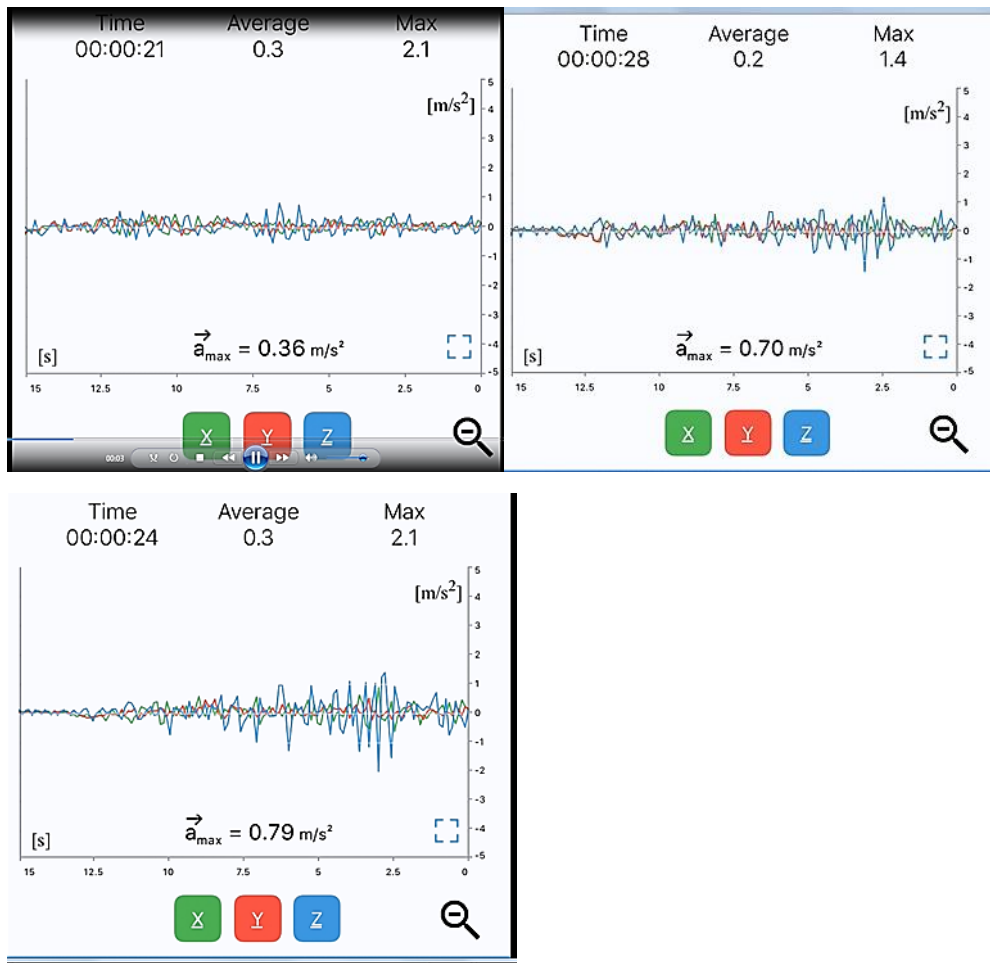


Рисунок 4.3 - Фото экрана измерителя вибрации при движении по дороге с покрытием «грунт» со скоростью 10-15 км/ч

Результаты измерений ускорения для типовых участков трех дорог по каждой из осей координат x,y,z (последовательно) представлены на рисунках 4.4 – 4.6. На рисунках 4.7 - 4.9 представлены значения ускорений по осям x,y,z для каждой из дорог

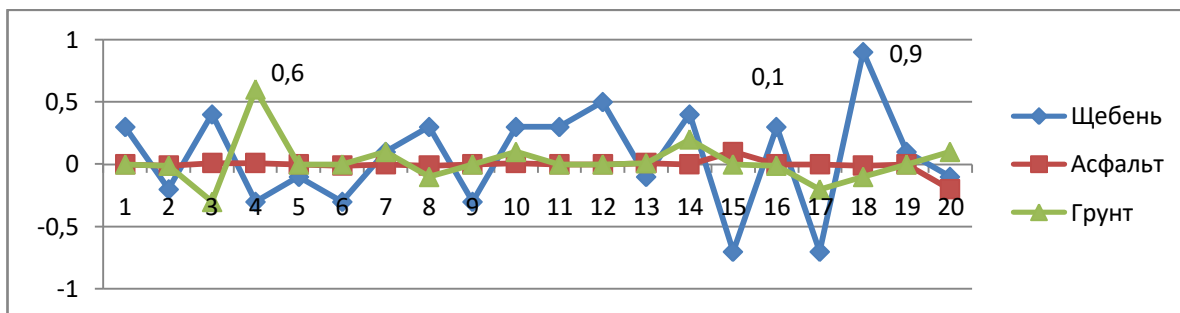


Рисунок 4.4 – Значения ускорений по оси x (вдоль продольной оси автомобиля)

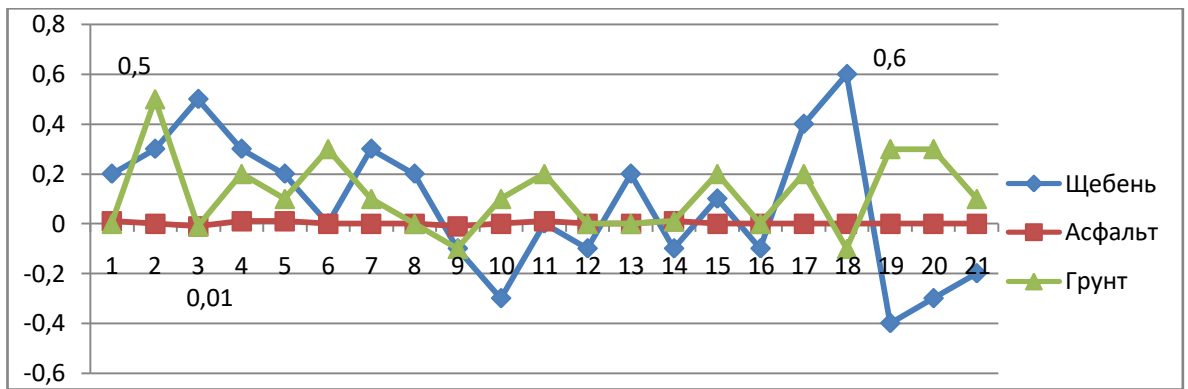


Рисунок 4.5 – Значения ускорений по оси y (перпендикулярно продольной оси автомобиля)

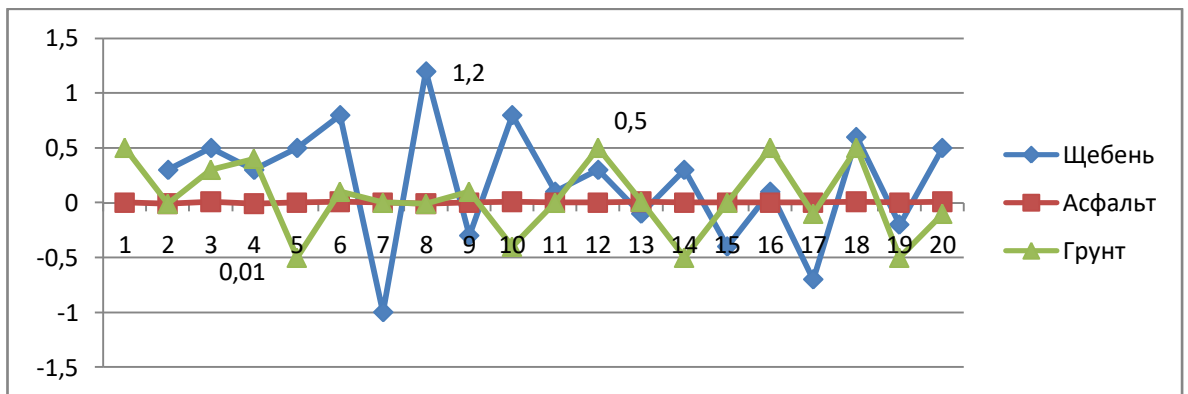


Рисунок 4.6 – Значения ускорений по оси z (вертикально по отношению к днищу кузова автомобиля)

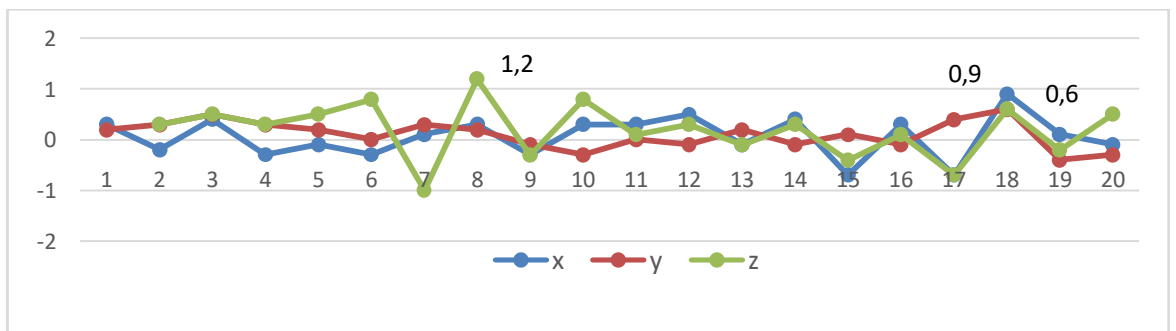


Рисунок 4.7 – Значения ускорений по осям x, y, z для дороги из щебня

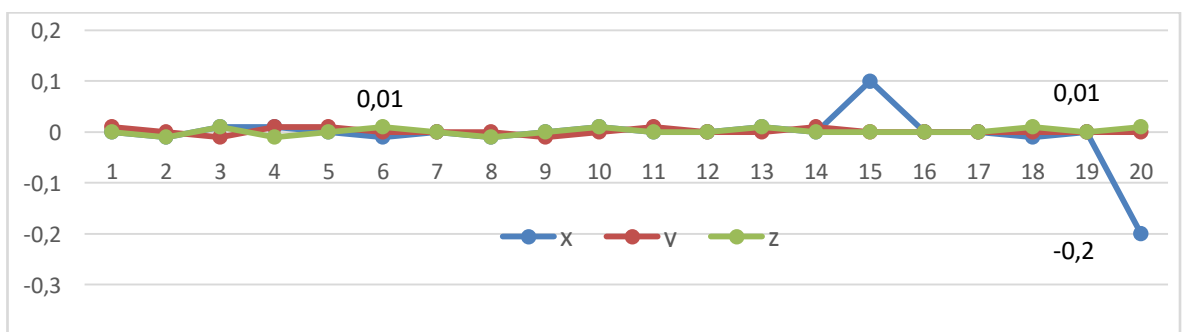


Рисунок 4.8 – Значения ускорений по осям x, y, z для асфальтированной дороги

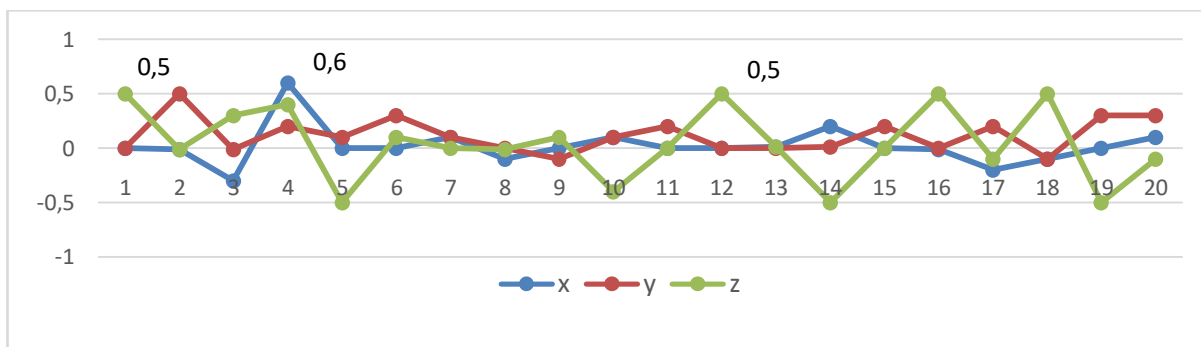


Рисунок 4.9 – Значения ускорений по осям x,y,z для грунтовой дороги

Анализ значений полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

1. Наибольшие значения ускорений характерны для дороги, покрытой щебнем, причем по всем трем осям координат. Вероятно, это связано с крупными фракциями щебня, периодически попадающими под колеса автомобиля. При этом, наибольшие ускорения (до $1,2 \text{ м/с}^2$) груза зарегистрированы в вертикальной плоскости, что наиболее неблагоприятно с точки зрения порчи плодов при их транспортировке.

2. Близкие значения ускорений демонстрирует дорога с грунтовым покрытием – до 83% от максимальных значений для дороги со щебеночным покрытием, что может быть связано с достаточно крупными неровностями (ямы и ухабы).

3. Асфальтированное покрытие позволяет двигаться автомобилю с большей скоростью, при этом с более низкими значениями ускорений – до 11% от максимальных значений для дороги со щебеночным покрытием.

4. Для всех трех типов покрытий характерны асинхронные колебания груза по всем трем координатам, причем для грунтовой дороги – ускорения по осям не имеют ярко выраженного превалирования; для щебеночного покрытия – максимальные ускорения, в основном, соответствуют вертикальной оси; для асфальта встречаются «скачки» вдоль продольной оси автомобиля.

Используя полученные результаты, следует скорректировать допустимые значения ускорений, в данном случае для яблок, понизив их с $1,42 \text{ м/с}^2$ (таблица

1.1) до $0,7...1,0 \text{ м/с}^2$, принимая во внимание колебания груза по всем трем координатам, и ввести запрет на их транспортировку по грунтовым дорогам в период дождей и осенне-весенней распутицы, а также по дорогам со щебеночным покрытием, находящихся в неудовлетворительном состоянии. Максимальные значения ускорения ($0,2 \text{ м/с}^2$) для асфальта позволяют рекомендовать его «всепогодно» и с более высокой скоростью транспортного средства.

Таким образом, можно установить ограничения на тариф при движении транспортных средств с учетом состояния покрытия дороги (рисунок 4.10).

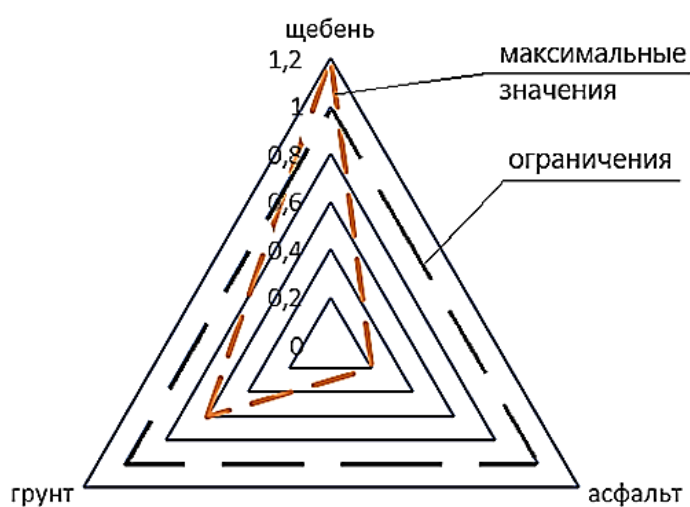


Рисунок 4.10 – Учет изменения тарифа грузоперевозки в зависимости от типа и состояния покрытия дороги

В процессе движения водитель транспортного средства должен иметь целостную картину происходящего для принятия, иногда, единственного правильного решения в случае возникновения внештатной ситуации. Современные грузовые автомобили оснащаются производителями различными датчиками и сенсорами, а также используют устройства спутниковой навигации. Наличие специализированных приложений для смартфонов, а также ряда специализированных устройств для определения уровня вибрации может своевременно повлиять на принятие решения водителем, а также скорректировать маршрут перевозки и скоростной режим [12].

Программный продукт «Измеритель вибрации 1.3.6 АРК» позволяет фиксировать изменение ускорения в трех взаимно перпендикулярных

плоскостях – пример характерного изменения измерения ускорения по оси «х» приведен на рисунке 4.11. Площадь каждой фигуры – произведение ускорения на время – позволяет вычислить скорость v на конкретном участке движения (регистрации ускорения). Усредняя скорости на участках измерения, получим среднюю скорость движения яблока за все время измерения.

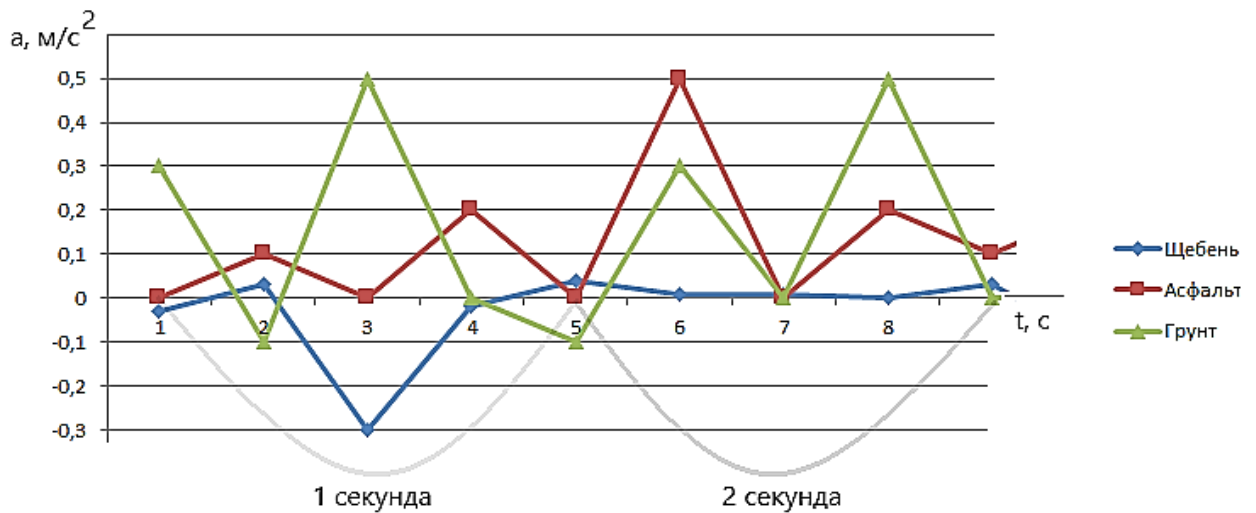


Рисунок 4.11 - Изменение ускорения яблока по оси «х» в положении 4 ящика в кузове автомобиля при его движении по разным дорожным покрытиям

Кинетическая энергия «среднестатистического» яблока ($m = 0,143$ кг), использованного в экспериментах, за все время движения транспортного средства может быть оценена по известной формуле

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \tag{4.1}$$

Полученные экспериментальные результаты для последующего анализа были сгруппированы по нескольким позициям, для которых оценивалось изменение скорости колебаний яблок в ящике в декартовой системе координат (x, y, z) в зависимости от его положения (2, 4, 5) в кузове автомобиля при его движении с различной скоростью по дорогам с различным покрытием (рисунок 4.12 - 4.16).

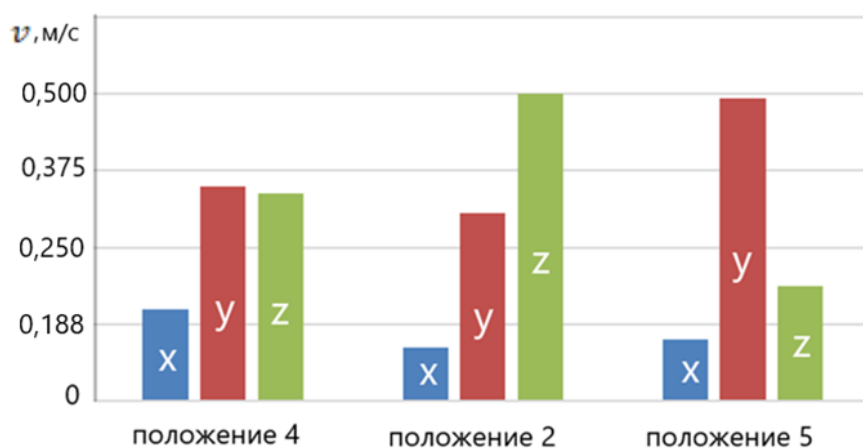


Рисунок 4.12- Изменение скорости колебаний яблок в ящике в зависимости от его положения в кузове автомобиля, движущегося со скоростью 50 км/ч по асфальту: x, y, z– оси декартовой системы координат

Анализ приведенных на рисунке 4.12 данных позволяет сделать следующие выводы:

- при движении автомобиля по асфальту со скоростью 50 км/ч положение ящика несущественно влияет на колебания яблок вдоль продольной оси автомобиля (ось x) – максимальное абсолютное отклонение составляет 0,09 м/с;
- положение ящика над задней осью повышает уровень колебаний в вертикальной оси (ось z) на 44%;
- положение ящика на задней консоли кузова (за задней осью) увеличивает амплитуду колебаний ящика вдоль поперечной оси автомобиля (ось y).

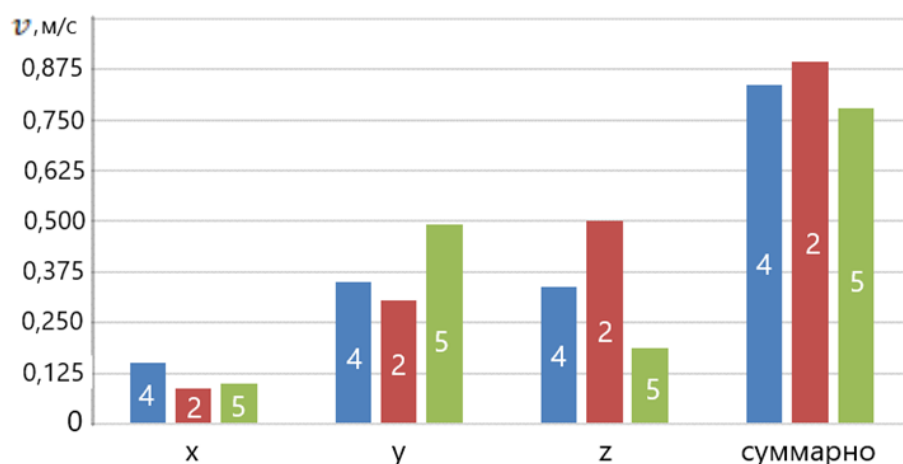


Рисунок 4.13 - Изменение скорости перемещения яблок в различных направлениях (x, y, z) в зависимости от положения (2, 4, 5) ящика в кузове

автомобиля при его движении со скоростью 50 км/ч по асфальту: 2, 4, 5 – положения ящика в кузове автомобиля

Анализ приведенных на рисунку 4.13 данных позволяет сделать следующие выводы:

- при движении автомобиля по асфальту со скоростью 50 км/ч преобладающими направлениями колебаний ящика являются вертикальная и поперечная оси автомобиля;
- наилучшим положением для ящика является задняя консоль кузова (за задней осью), поскольку суммарные колебания в этом положении являются наименьшими, а наихудшим – положение над задней осью.

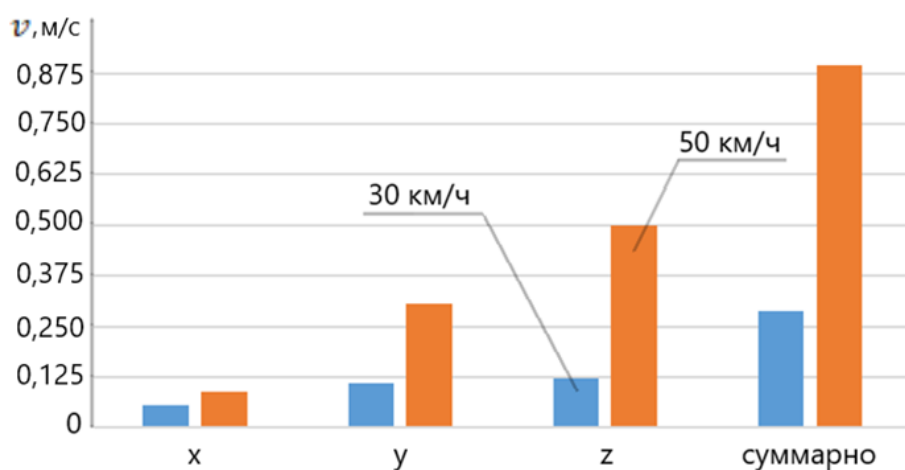


Рисунок 4.14 - Изменение скорости перемещения яблок в различных направлениях в положении 2 ящика при изменении скорости автомобиля с 30 км/ч (левые столбики) до 50 км/ч (правые столбики) на асфальтовом покрытии

Анализ приведенных на рисунке 4.14 данных позволяет сделать вывод о том, что снижение скорости автомобиля с 50 км/ч до 30 км/ч (1,7 раза) позволяет снизить суммарные колебания по всем трем осям координат более, чем в 3 раза.

Поскольку положение 2 ящика было признано наименее удачным для размещения ящика с яблоками, то для положений 4 и 5 были проведены дополнительные эксперименты с целью определения одного из двух наиболее удачных с точки зрения наименьшего уровня колебаний плодов, оцениваемого по средней скорости их перемещения. При этом транспортировка

осуществлялась по дорогам с различным покрытием – асфальт, грунт, щебень – на скорости 20 км/ч. Данный скоростной режим был выбран из соображений безопасности движения автомобиля в период весенней распутицы по покрытиям из щебня и грунта, находящихся в «среднестатистически плохом» состоянии в этот период.

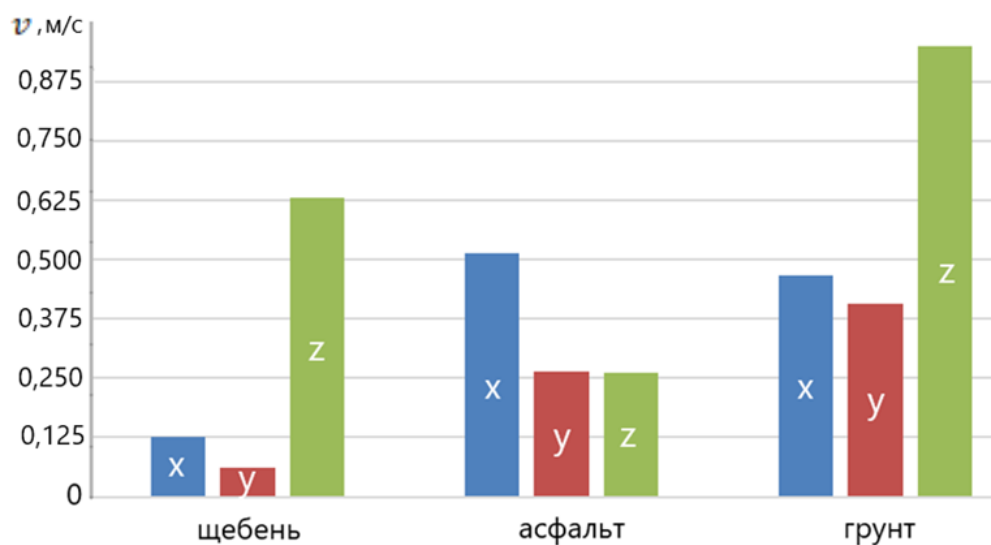


Рисунок 4.15 - Изменение скорости перемещения яблок в различных направлениях в положении 4 ящика на различных покрытиях при скорости автомобиля 20 км/ч:

x, y, z – оси декартовой системы координат

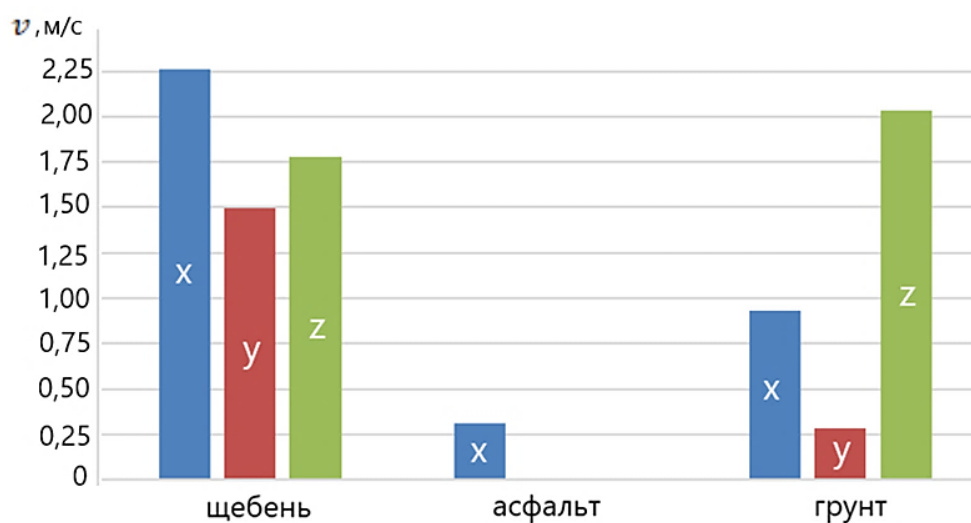


Рисунок 4.16 - Изменение скорости перемещения яблок в различных направлениях в положении 5 ящика на различных покрытиях при скорости автомобиля 20 км/ч: x, y, z – оси декартовой системы координат

Анализ приведенных на рисунках 4.15 и 4.16 данных позволяет сделать следующие выводы:

- наиболее значительные колебания для обоих положений ящика в кузове автомобиля регистрируются вдоль его продольной (x) и вертикальной (z) осей;
- консольное расположение 5 ящика – за задней осью автомобиля – существенно увеличивает колебания по всем направлениям (осям) при движении автомобиля по щебеночному покрытию, однако на асфальте и грунте колебания в этом положении значительно ниже, чем для положения 4 ящика.

Зная скорость движения яблوك за период регистрации (4,5 с) и среднюю массу плода, оценим изменение кинетической энергии по вышеприведенной формуле (4.1). Результаты вычислений приведены на рисунке 4.17 для трех различных положений ящика в кузове автомобиля и рисунке 4.18 для трех типов покрытий.

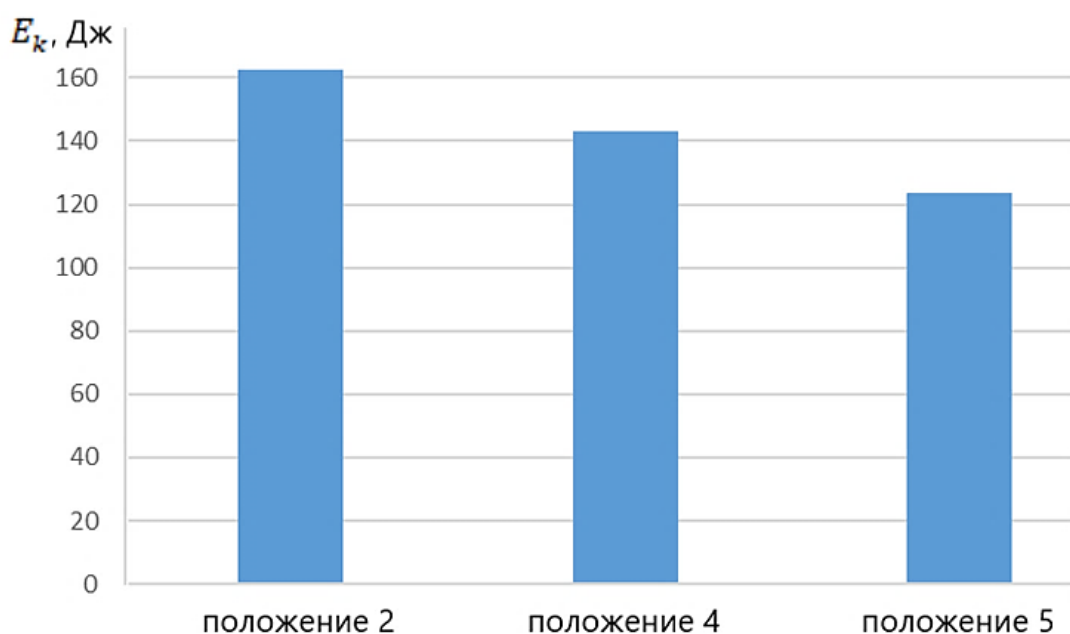


Рисунок 4.17 - Изменение кинетической энергии отдельного плода весом 0,143 кг за час транспортировки в зависимости от положения ящика в кузове автомобиля при его движении по асфальту со скоростью 50 км/ч

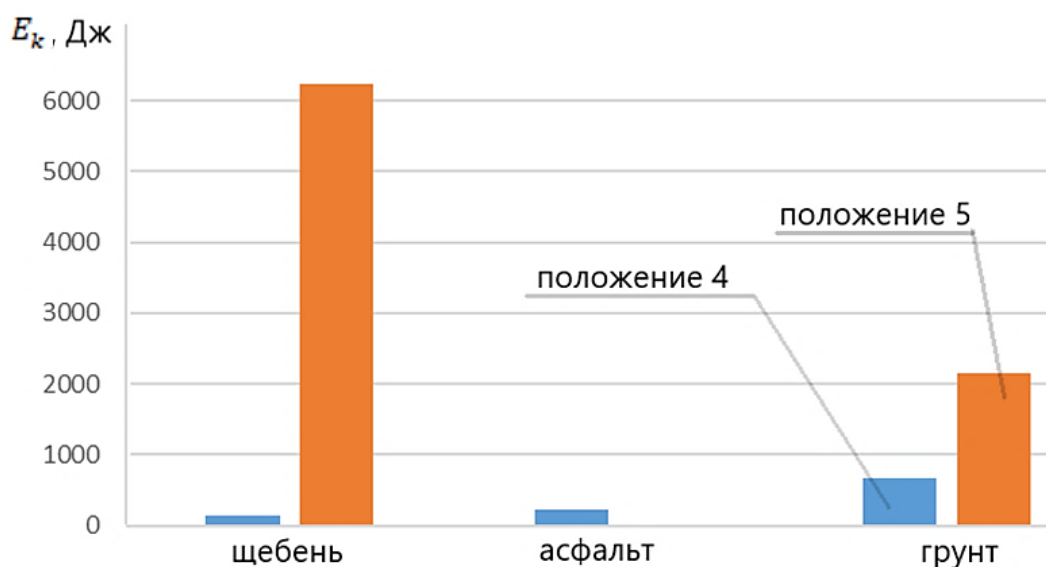


Рисунок 4.18 - Изменение кинетической энергии отдельного плода весом 0,143 кг за час транспортировки в зависимости от положения ящика в кузове автомобиля при его движении по дорогам с различным покрытием со скоростью 20 км/ч

Кинетическая энергия будет переходить во внутреннюю энергию при соударении яблок друг с другом и стенками ящика, что приведет к ускоренной их порче как счет выделения тепла, так и повышению влажности при повреждениях

Для сравнения – энергия, необходимая для нагрева 1 л воды от 20⁰С до 100⁰С, равна 335 кДж. Семь яблок, каждое весом 0,143 кг (общим весом 1,001 кг), будут обладать при часовой транспортировке по щебеночной дороге в положении 5 ящика кинетической энергией 32 кДж, а при 10-часовой – 320 кДж, что почти равно энергии, затрачиваемой на доведение 1 л жидкости до кипения в вышеприведенном примере.

Таким образом, помимо выявленных зависимостей перемещений (колебаний) плодов от положений ящиков в кузове, существует и зависимости от типа, характеристик и технического состояния подвески автомобиля, которая ведет себя по-разному на различных дорожных покрытиях и загруженности кузова автомобиля.

На основании результатов исследований можно рекомендовать избегать дорог с грунтовым и щебеночным покрытием в период их неудовлетворительного состояния, а при невозможности избежать таких участков, использовать низкую скорость движения (не выше 20 км/ч), располагая ящики между осями автомобиля.

4.2 Оценка сохраняемости плодов яблок после их транспортировки в кузове автомобиля

Покупатели плодоовощной продукции при выборе товара руководствуется, в первую очередь, его внешним видом. Это может быть не идеальный по форме фрукт или овощ, но обязательно спелый и крепкий. Слишком крупные, глянцевые, ровные и без изъянов, как и плоды с изъянами, потребитель предпочитает не покупать. Именно поэтому ретейлеры предъявляют высокие требования к качеству поставляемого товара, который еще достаточно длительный период должен храниться на складе.

Выбран сорт плодов «Айдаред», имеющий крупные сочные плоды с плотной мякотью, достаточно устойчивый к повреждениям и хорошо сохраняющийся при зимнем хранении.

Плоды (по 10 штук) были уложены в две картонные коробки и накрыты стеклом для снижения влияния влажности и температуры в помещении, где проводились эксперименты, на показания оборудования. Измерение массы плодов осуществлялось с помощью весов MW-1451 SR.

Измерения диаметра плодов осуществлялись с помощью рулетки Р5УЗК ГОСТ 7502-98 с длиной ленты 5 м и ценой деления 1 мм, класс точности – 3 (рисунок 4.19)[32].



Рисунок 4.19 – Демонстрация измерения массы и диаметра плода



Рисунок 4.20–Демонстрация измерения массы плодов

Измерения влажности и температуры были проведены с использованием термогигрометра REXANT (Арт. 70-0515), описанном в 3 главе настоящего исследования (Приложение 6 и рисунок 4.21).



Рисунок 4.21 – Демонстрация измерительных приборов

Как было указано выше, ретейлеры предъявляют высокие требования к качеству поставляемого товара, который еще достаточно длительный период должен храниться на складе. Например, X5 Retail Group – в рамках существующих стандартов – в своем каталоге качества предъявляет следующие требования к плодоовощной продукции:

- отсутствие ухудшающих товарный вид механических повреждений;
- отсутствие налетов плесени и других признаков заболеваний;
- отсутствие земли, грязи, листьев, следов удобрений;
- отсутствие повреждений вредителями;
- отсутствие аномальной внешней влажности;

- отсутствие посторонних запахов и/или привкусов и др.[24, 31]

Для плодов в вышеуказанном каталоге установлены следующие требования к состоянию плодов: они должны перенести транспортировку и погрузочно-разгрузочные работы, которые могут вызвать недопустимые «внешние» дефекты, такие как сухие повреждения кожуры или нажимы более чем на 30 % поверхности плодов. Не допускаются также такие дефекты, как потемневшие нажимы (>10 мм диаметром) с охватом более 30 % поверхности и проникающими в мякоть плода механическими повреждениями.

В свою очередь «Оливье Супермаркет», повторяя некоторые позиции X5 Retail Group, устанавливает дополнительные требования относительно сохранности плодов: плоды не должны иметь повреждений кожицы и мякоть не должна иметь признаков старения.

В мире проблемам сохранности плодоовощной продукции посвящено очень большое количество исследований [12,93,94,97,98,63,110], но все они теряют свою актуальность, если перевозчик не выполняет требования по «бережному» перемещению их из пункта «А» в пункт «Б».

Проблемы сохранности грузов для перевозчиков плодоовощной продукции во многом определяются требованиями к логистике [110,113] и процессу перевозки [108,111,112], а также погрузки – разгрузки [109]. Поэтому неудивительно, что работы многих специалистов посвящены оценке ударно-вибрационного воздействия при транспортировке [92, 96, 103] и оценке уже полученного продукцией ущерба в результате перевозки [103,102,113].

Цель данной части исследования – оценка внешних повреждений плодов, изменения температуры и влажности в закрытой таре после имитации перевозки по щебеночной дороге в весенне-зимний период.

Имитация вибраций осуществлялась перемещением коробки в трех плоскостях с визуальным контролем ускорений с помощью программного продукта «Измеритель вибрации 1.3.6 АРК», установленного на смартфон iPhone 5. В процессе имитации вибраций смартфон был размещен непосредственно на плодах. Максимальная величина ускорения ($a_{\max}=1,2 \text{ м/с}^2$),

использованная при имитации процесса вибраций, была определена авторами ранее при проведении натурных исследований на дорогах с различным покрытием.

Расчет статистических показателей и построение зависимостей осуществлялось с помощью электронных таблиц MS Excel из пакета MS Office 2016. Для нахождения критериев Фишера и Стьюдента были использованы таблицы с сайта <http://chemstat.com.ru/>.

Результаты измерения массы и диаметра плодов (рисунок 4.22 и таблицы Приложения А) показали соответствие выбранной группы плодов основным показателям сорта «Айдаред».

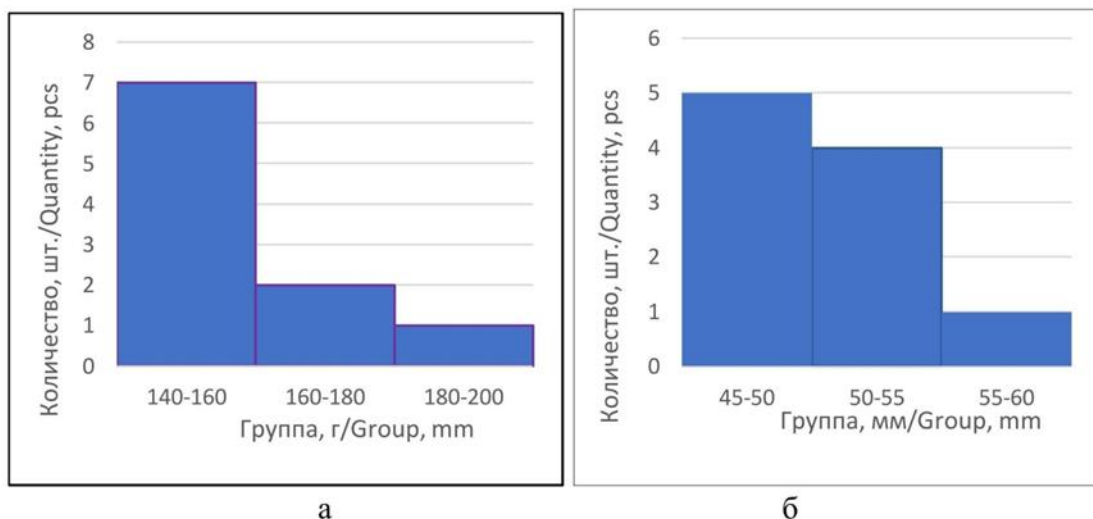


Рисунок 4.22 – Результаты измерения масс (а) и диаметров (б) плодов

Измерение температуры в пустых ящиках (Приложение 2), закрытых сверху стеклом, показало практически полную идентичность характера ее изменения за период более чем 24 часа (рисунок 4.23 и Таблица 4.1).



Рисунок 4.23 – Демонстрация пустых ящиков во время проведения эксперимента

Абсолютные отклонения температуры на $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ не превышали погрешности измерения термогигрометра. При этом относительная влажность в пустых ящиках значительно снижается по линейному закону в пределах 46...39 % для ящика, предназначенного под контрольную группу плодов, и 46...40 % – для ящика, предназначенного под экспериментальную группу плодов. (рисунок 4.24)

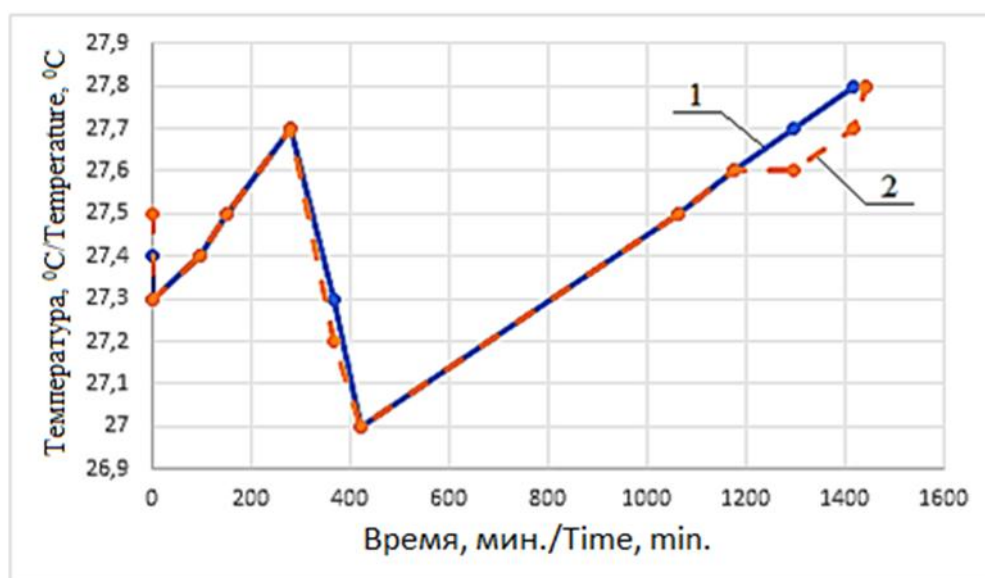


Рисунок 4.24 – Результаты измерения температуры в пустых ящиках:

1 – предназначен для контрольной группы; 2 – для экспериментальной группы

Далее, двадцать плодов были разделены на две группы, одна из которых подверглась воздействию ударно-вибрационных нагрузок с ускорением, не превышающим $1,2\text{ м/с}^2$ (экспериментальная группа). При этом контроль значений ускорения осуществлялся путем фиксации показаний программным обеспечением «Измеритель вибрации 1.3.6 АРК». На рисунке 4.25 продемонстрированы фотографии коробок с яблоками в начале эксперимента (4.25 а) и в конце эксперимента (4.25 б). Все фотографии эксперимента представлены в Приложении 3.



а

б

Рисунок 4.25 - Фото с яблоками в начале (а) и в конце (б) эксперимента

Измерения температуры в заполненных плодами коробках экспериментальной и контрольной групп (Приложение 3), проводимые в течение более чем 120 часов, показали также несущественные колебания величины в пределах $0,7^{\circ}\text{C}$ (рисунок 4.26). Такое малое изменение температуры в пустых и заполненных коробках, вероятно, определяется колебаниями температуры в помещении, где проводились эксперименты.

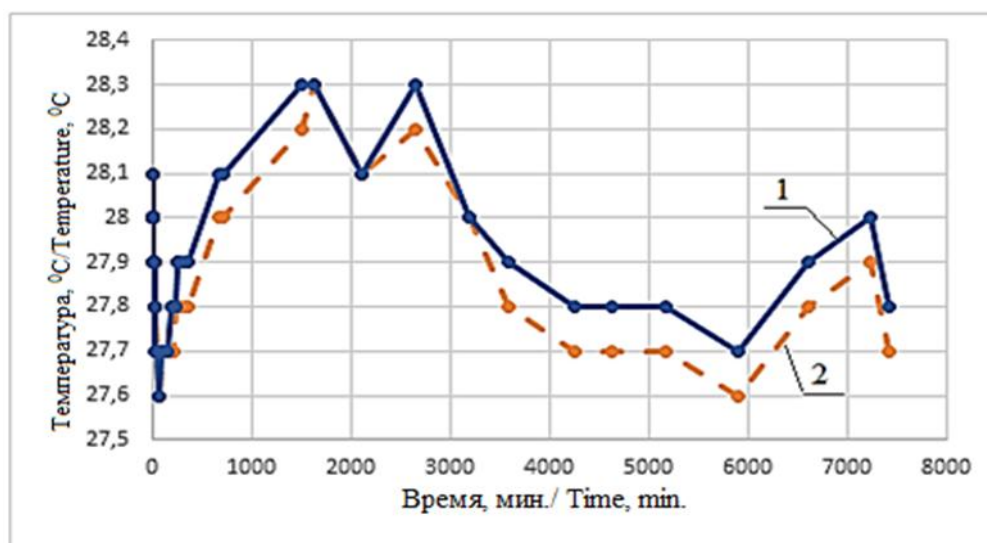


Рисунок 4.26 – Результаты измерения температуры в наполненных плодами ящиках:

1 – контрольная группа; 2 – экспериментальная группа

Результаты измерения относительной влажности в заполненных плодами коробках – экспериментальной и контрольной – приведены на рисунке 4.27.

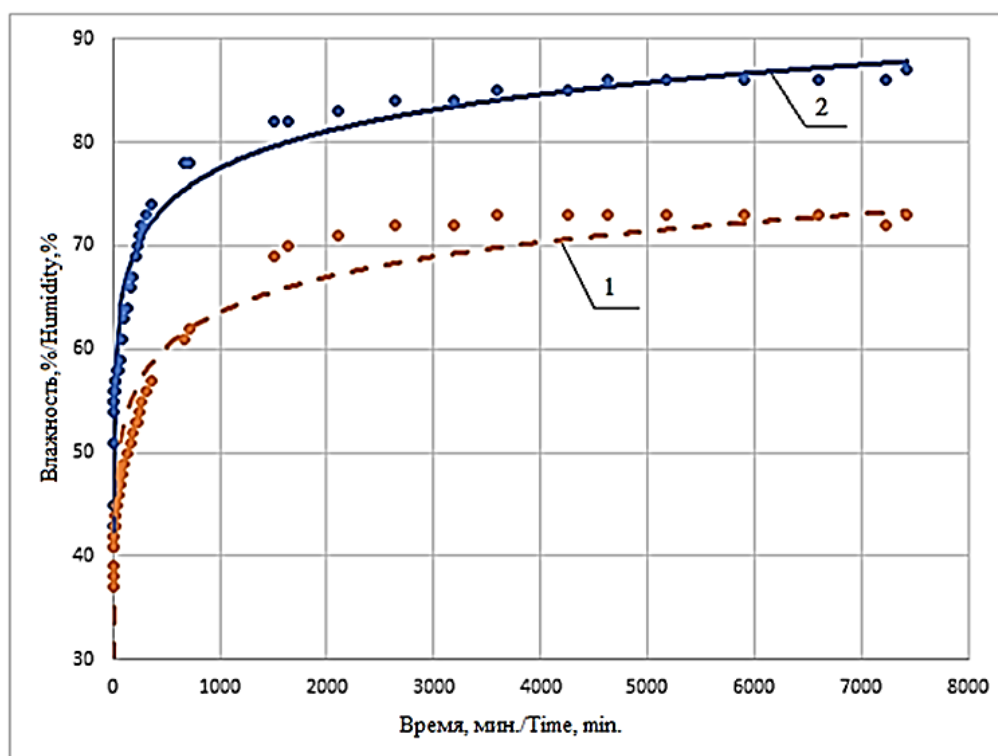


Рисунок 4.27 – Изменение влажности в ящиках с плодами:

1 – контрольная группа; 2 – экспериментальная группа

Повышение влажности для экспериментальной группы плодов можно объяснить повреждениями их кожуры и мякоти, что вызывает повышенное сокоотделение. Изменение относительной влажности в коробках может быть хорошо описано нижеприведенными логарифмическими зависимостями (Приложения Д, Е).

Для контрольной группы:

$$\varphi_{\text{конт}} = 4,8602 \cdot \ln(t) + 30,021, \quad (4.2)$$

где t – время, мин.

Для экспериментальной группы (обозначения те же):

$$\varphi_{\text{эксп}} = 5,1255 \cdot \ln(t) + 42,092. \quad (4.3)$$

Оценка регрессионных уравнений осуществлялась с применением критерия Фишера и показала их адекватность описываемому процессу. Средние ошибки аппроксимации для уравнений не превысили значений 5,1% – для контрольной группы и 2,9% – для экспериментальной.

Интересным фактом является колебательный характер разности относительных влажностей контрольной и экспериментальной групп (рисунок

4.27). Эта зависимость – с некоторой временной задержкой – хорошо коррелирует с изменением температуры в коробках, заполненных плодами (рисунок 4.28).

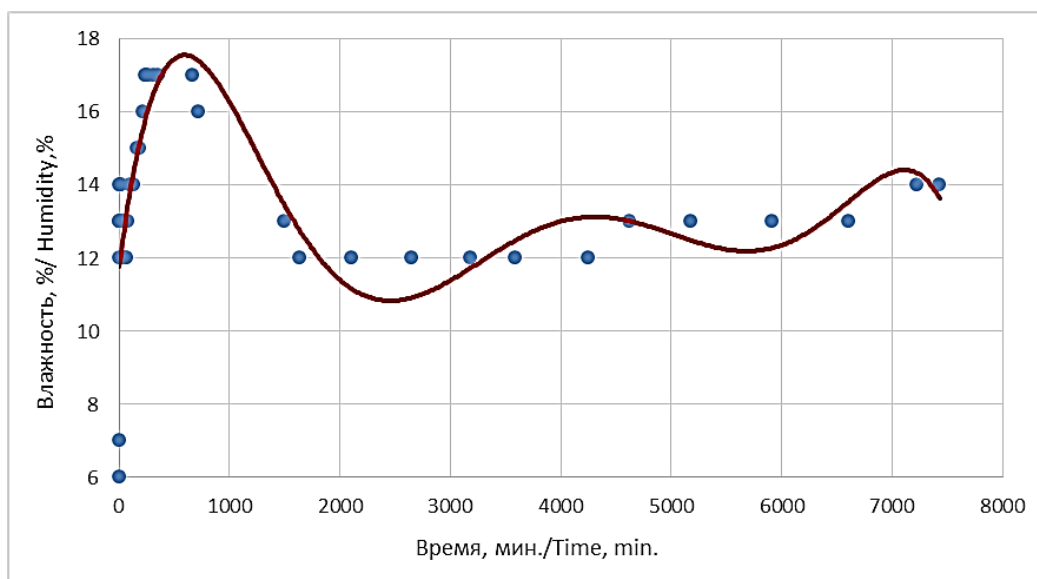


Рисунок 4.28 – Разность относительной влажности в ящиках с экспериментальной и контрольной группами плодов (точки – экспериментальные данные, линия – аппроксимирующая кривая)

Внешний вид плодов в коробках – экспериментальная и контрольная группы после 120 часов эксперимента – показан на рисунке 4.29. В экспериментальной группе хорошо видны повреждения кожуры, затрагивающие мякоть плода, существенно ухудшающие товарный вид.



а

б

Рисунок 4.29 – Внешний вид плодов в ящиках после 5 суток замеров температуры и влажности: а – контрольная группа; б – экспериментальная группа

Таким образом, по результатам экспериментальных исследований можно констатировать следующее:

- даже достаточно плотная укладка в таре плодов устойчивого к повреждениям сорта не гарантирует сохранности плодов при наличии колебательных нагрузок, причем при сравнительно невысоких значениях ускорения;

- температура в коробках с плодами определяется температурой внешнего помещения, где эти коробки располагаются;

влажность в коробках с плодами существенно возрастает при их повреждении – на 11-17 % по отношению к контрольной группе – и способствует ускорению процессов гниения плодов;

потеря товарного вида плодов происходит уже на 3-4 день после ударно-вибрационного воздействия, при этом уже нельзя вести речь об их последующем хранении.

Эти выводы накладывают существенные ограничения на перевозку плодов в таре по дорогам с неудовлетворительным состоянием дорожного покрытия. Вероятно, для таких дорог должна применяться специализированная тара, гасящая знакопеременные нагрузки и не допускающая соударения плодов друг с другом и со стенками тары.[13]

Результаты и выводы. Результаты измерения массы и диаметра плодов показали соответствие выбранной группы плодов основным показателям сорта «Айдаред». Измерение температуры в пустых ящиках показало практически полную идентичность характера ее изменения за период более, чем 24 часа. Абсолютные отклонения температуры на 0,8 0С не превышали погрешности измерения термогигрометра. При этом относительная влажность в пустых ящиках значительно снижается по линейному закону в пределах 46-39 % для ящика, предназначенного под контрольную группу плодов, и 46-40 % – для ящика, предназначенного под экспериментальную группу плодов. По результатам замеров влажности построены зависимости ее изменения для двух групп плодов: контрольной (не испытывающей внешнего ударно-

вибрационного воздействия) и экспериментальной – подвергнутой вибрациям, характерным для перевозки в кузове автомобиля в ящиках. Полученные зависимости имеют коэффициент корреляции не ниже $r_{xy}=0,9751$ и невысокую среднюю ошибку аппроксимации – не выше $A=5,1\%$, что позволяет использовать их для прогнозирования изменения влажности целого спектра сортов плодов с аналогичными физико-механическими характеристиками. Выявлено существенное изменение внешнего вида плодов в экспериментальной группе по отношению к контрольной, не позволяющее уже после 3-4 дней хранения использовать их для реализации через розничную или оптовую торговлю. Кроме того, зафиксировано отсутствие существенных изменений температуры для обеих групп в течение 10 суток.

4.3 Построение номограмм и оценка экономического эффекта

В результате проведенных исследований было определено, что в производственно-технологическом процессе производства плодовоовощной продукции значительное место занимают грузоперевозки – как часть производственно-сбытовой цепочки. От их качества зависит количество и качество продукции, которая поступит для реализации и потребления конечного потребления.

Для проверки модифицированных моделей, представленных в научно-исследовательской работе, с целью обоснования оптимизации грузоперевозок был проведен анализ изменения тарифа на транспортировку по дорогам разного типа.

По результатам оценки сохраняемости яблок после их транспортировки в кузове автомобиля, проведенной в п. 4.2 настоящего исследования было выявлено, что повышение влажности у плодов экспериментальной группы объясняется повреждениями их кожуры и мякоти вызванной перевозкой.

Используя данные измерения была разработана номограмма определения влажности яблок от времени их хранения и ускорения колебаний, воздействующих при их транспортировке (рисунок 4.30).

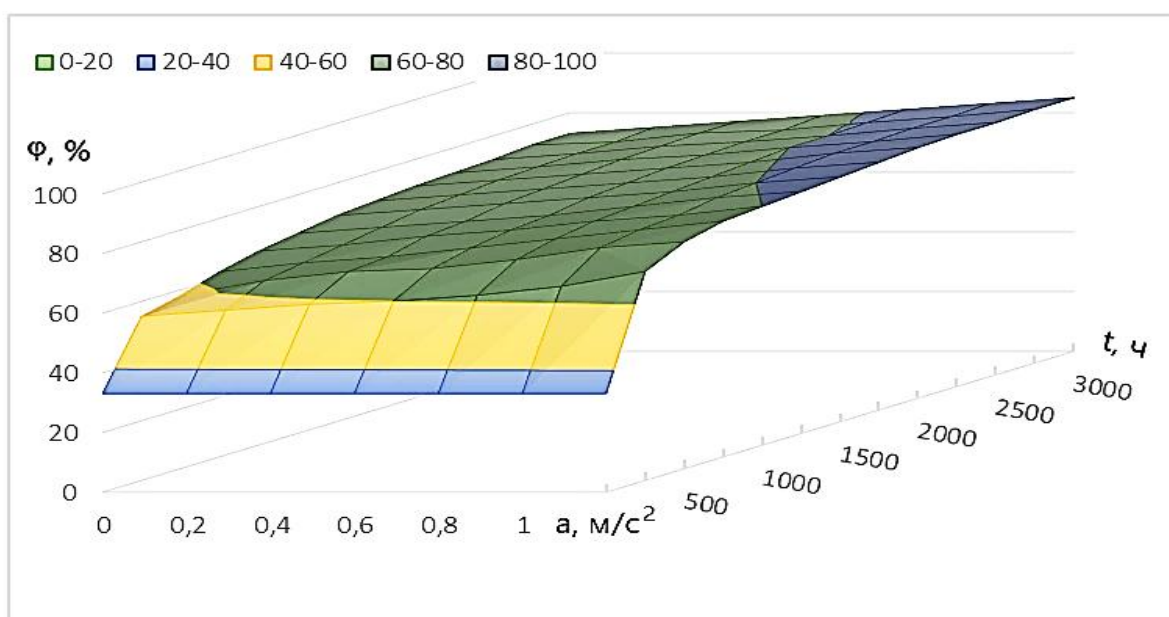


Рисунок 4.30 – Номограмма определения влажности яблок от времени их хранения и ускорения колебаний, воздействующих при их транспортировке

Данные исследования являются базовой составляющей при формировании цены для реализации яблок в розничной сети.

Согласно ГОСТ Р 50528-93 яблоки в охлаждаемых помещениях хранятся до 180-240 дней [33]. Однако, увеличение влажности, вызванной травмируемостью плодов яблок во время транспортировки, не позволяет реализовывать их в течение длительного периода по одной цене. В торговых точках происходит переоценка данной продукции, если плоды не соответствуют отнесению к определенному сорту по требованиям ГОСТ. Изменение времени переоценки плодов, подвергшихся воздействию колебаний, относительно контрольной группы можно определить с помощью представленного на рис. 4.31 графика.

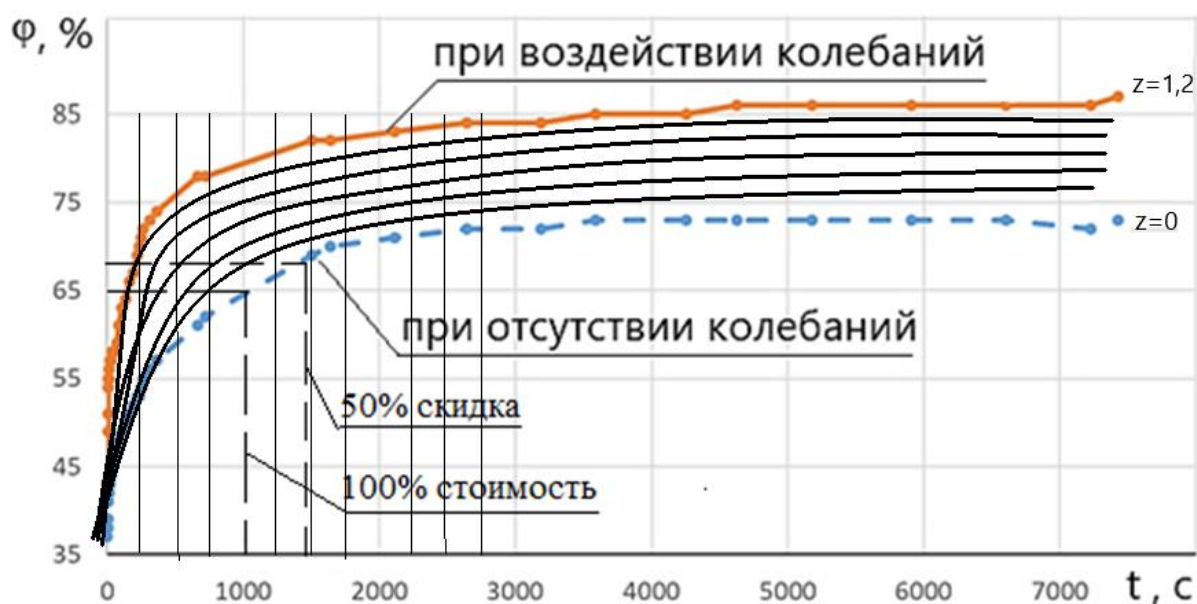


Рисунок 4.31 – График изменения влажности плодов

В качестве примера рассмотрим небольшой магазин, в торговый зал которого ежедневно выставляется для продажи самообслуживанием 100 кг яблок, при этом половина из них реализуется. Средняя цена на яблоки установлена в размере 100 рублей. Так, в первый день/период выручка от продажи составит 5000 рублей. Для пополнения продукции в торговый зал ежедневно поставляется 50 кг яблок из склада. Т.к. в результате транспортировки яблоки подвергались воздействиям, исследования показали, что они меняют внешний вид и органолептические показатели, что приводит к падению на них спроса и, как следствие, должно повлечь снижение цены. Часть яблок – примерно 50% от оставшихся в торговом зале – переоценивается и выручка за день составляет уже 4375 руб. Таким образом, снижение выручки составляет 12,5 %.

Для определения цены в зависимости от процента переоценки составлена номограмма, представленная на рис. 4.32.

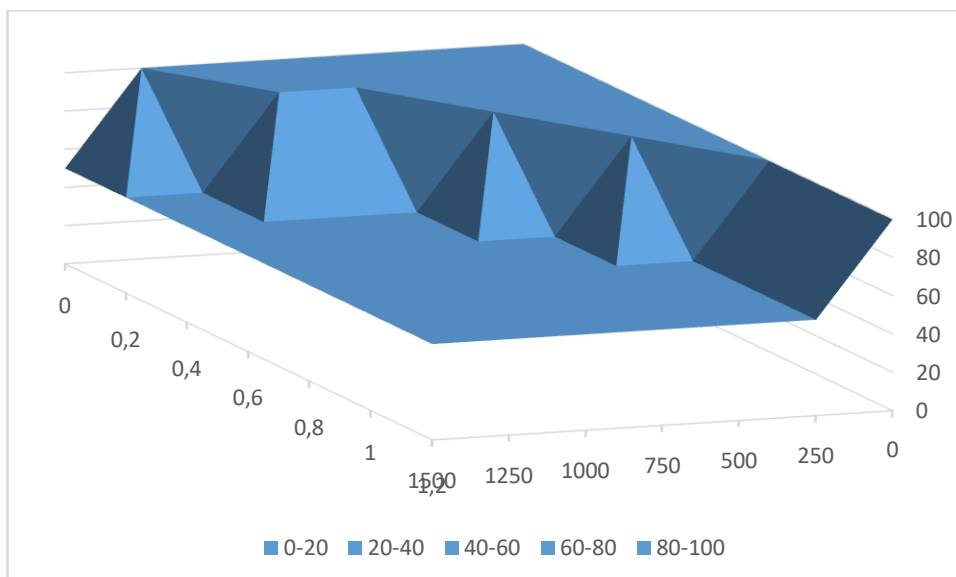


Рисунок 4.32 –Номограмма переоценивания (снижения сортности) яблоч в зависимости от ускорений и времени последующего хранения

Использование данных номограмм позволяет аргументировать существенные ограничения на перевозку плодов в таре по дорогам с неудовлетворительным состоянием дорожного покрытия. Данные ограничения возможны при установлении увеличенных тарифов на транспортировку сельскохозяйственной продукции. (Приложение Б)

Для определения тарифа и осуществления грузоперевозок был выбран автомобиль ЗИЛ-5301: «Бычок» как наиболее часто используемый для транспортировки сельскохозяйственной продукции (рисунок 4.33).

Технические характеристики, габаритные размеры и показатели массы автомобиля ЗИЛ-5301: «Бычок»:

Длина: 6,195 м (7,165 м – удлинённая версия);

Ширина: 2,319 м;

Высота: 2,365 м.

Колёсная база: 3,650 м.

Колея передняя: 1,832 м; Колея задняя: 1,690 м.

Клиренс: 180 мм.

Радиус разворота: 7,8 метров.

Грузоподъёмность: 3 тонны.



Рисунок 4.33 – Автомобиль ЗИЛ-5301: «Бычок»

Параметры бортовой грузовой платформы в стандартной комплектации:
3750x2254x450 мм.

Погрузочная высота: от 765 мм до 1050 мм.

Масса: снаряжённая (с тентом) – 3695 кг; Полная (допустимая) – 6950 кг.

Допустимая нагрузка на переднюю ось – 2350 кг.

Допустимая нагрузка на заднюю ось – 4900 кг.

Колёса дисковые, 6,5Jx16H2; Шины бескамерные «225/75R16С».

Прочие параметры двигателя Д-245 для ЗИЛ-5301:

Сухая масса двигателя – 430 кг;

Расположение цилиндров – L-образное;

Диаметр цилиндра – 110 мм;

Частота вращения – 2400 об/мин;

Крутящий момент – 35 кгс·м (350 Н·м), при 1300–1700 об/мин;

Степень сжатия – 15,1.

Расход дизтоплива: при постоянной скорости 60 км/ч – 16 литров на 100 км.

Объём топливного бака: 125 литров.

Данная модель автомобиля соответствует требованиям, предъявляемым ГОСТ к автомобилям, используемых для транспортировки сельскохозяйственных грузов.

Моделирование транспортировки яблок осуществлялась по нескольким направлениям, представленным на рисунке 2.6 – маршруты от участков 1-3 до магазина 4, склада 5 и минизавода 6.

Для последующей оптимизации таблицы транспортной задачи (таблица 2.4) и последующей оценки увеличения общей стоимости грузоперевозки был произведен расчет тарифа и средней ставки на перевозку всех возможных сочетаний в представленных условиях. На рисунках последовательно представлены расчеты стоимости перевозок по каждому направлению в отдельности. Общими для всех маршрутов являются следующие показатели: себестоимость «туда», руб/ км - 23 руб., себестоимость «обратно», руб/ км – 15 руб., средняя себестоимость в круг, руб/ км – 19 руб.

Средняя цена ГСМ	руб	48,32			Средняя ставка в круг	руб	по р/км	по топливу	средняя
					Себестоимость	руб/км	379Р	464Р	121Р
Средний расход на 100 км	л/100 км	16,00						19Р	
Средний расход на 1 км	л/км		0,16		Средняя ставка "туда"	руб	229Р		
Расстояние в один конец	км	10			Себестоимость	руб/км		23Р	
Расстояние в круг	км		20		Средняя ставка "обратно"	руб	149Р		
Топливо в себестоимости	%	40,835	2,45		Себестоимость	руб/км		15Р	
			в один конец	в круг					
Расход топлива за поездку	л.		2	3					
Стоимость топлива за поездку	р.		77Р	155Р					
Предполагаемая известная ставка одного конца	руб				Расчетная ставка другого конца	руб	379Р		

Рисунок 4.34 - Расчет стоимости перевозок по маршруту А1 (участок 1) - В1 (магазин 4)

Расстояние маршрута А1 (участок 1) - В1 (магазин 4): – 10 км. При определенной выше себестоимости средняя ставка «туда» составляет 229 руб.

Средняя ставка «обратно» - 149 руб.

Средняя ставка по круговому маршруту – 379 руб.

Средняя цена ГСМ	руб	48,32		Средняя ставка в круг	руб	197Р	241Р	319Р
Средний расход на 100 км	л/100 км	16,00		Себестоимость	руб/км		19Р	
Средний расход на 1 км	л/км		0,16	Средняя ставка "туда"	руб	119Р		
Расстояние в один конец	км	5,2		Себестоимость	руб/км		23Р	
Расстояние в круг	км		10,4	Средняя ставка "обратно"	руб	78Р		
Топливо в себестоимости	%	40,835	2,45	Себестоимость	руб/км		15Р	
Расход топлива за поездку	л.							
Стоимость топлива за поездку	р.							
Предполагаемая известная ставка одного конца	руб			Расчетная ставка другого конца	руб	197Р		

Рисунок 4.35 - Расчет стоимости перевозок по маршруту А2 (участок 2) - В1 (магазин 4)

Расстояние маршрута А2 (участок 2) - В1 (магазин 4) 5.2 км. При определенной выше себестоимости средняя ставка «туда» составляет 119 руб
Средняя ставка «обратно» - 78 руб.
Средняя ставка в круг – 197 руб.

Аналогичным образом были проведены расчеты для всех направлений.

По результатам расчетов были оптимизированы таблицы транспортной задачи. При условии, что мы перевозим 2,5 т груза, получаем тариф за перевозку 1 тонны (таблица 4.1)

Таблица 4.1 – Транспортная таблица для летней сухой и безветренной погоды (средняя ставка по круговому маршруту, руб/т)

		Потребители			
		B_1 (магазин 4)	B_2 (склад 5)	B_3 (минизавод 6)	Запасы
Поставщики	A_1 (участок 1)	151,6	33,2	34,8	40
	A_2 (участок 2)	78,8	45,6	45,6	30
	A_3 (участок 3)	22,8	57,6	94	20
	Потребности	15	40	35	90

Решение для данной таблицы в MSExcel с помощью опции «Поиск решения» имеет следующий вид (рисунок 4.36).

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2			B1	B2	B3	запас	
3	A1	151,6	33,2	34,8		40	
4	A2	78,8	45,6	45,6		30	
5	A3	22,8	57,6	94		20	
6	спрос	15	40	35		90	
7							
8							
9							
10			B1	B2	B3	запас	
11	A1	1E-06	34,999999	5		40	
12	A2	0	0	30		30	
13	A3	15	5	0		20	
14	спрос	15	40	35			
15							
16							
17							
18		Стоимость перевозок и	3334				
19							

Рисунок 4.36 - Решение транспортной задачи с исходными тарифами

Результаты решения, представленного на рисунке 4.36 показывают, что стоимость перевозки составила 3334 рубля.

В результате исследования, проведенного в п. 2.2 было установлено, что существенно зависят от погодных условий и сезона маршруты 1-5, 1-6, 2-5 (полностью проходящие по грунтовым дорогам, а 1-6 – пересекает овраг); частично зависят от этих условий маршруты 1-4, 2-4, 3-6 (часть маршрута проходит по грунтовым дорогам); слабо зависят вышеуказанных условий остальные маршруты, поскольку проходят по асфальтированным дорогам.

Следовательно, для маршрутов 1-5, 1-6, 2-5 могут быть введены увеличивающие весовые коэффициенты вплоть до запретительных, а для 1-4, 2-4, 3-6 линейно увеличивающие тариф весовые коэффициенты.

Исходные весовые коэффициенты представлены на в таблице 4.2.

Увеличение тарифа на всех типах дорог в сухую теплую и безветренную погоду связано с повышением уровня вибраций при переходе от хороших покрытий к естественным даже при хорошей погоде.

Такие погодные условия как слабый дождь и ветер 5-10 м/с увеличивают тариф, т.к. это связано с ухудшением состояния дорожного покрытия, при этом даже несильный дождь может вызывать существенное ухудшение условий перевозки для дорог, проходящих через овраги, склоны и пр.

Таблица 4.2 – Исходные весовые коэффициенты в зависимости типа дороги и погодных условий

	сухая теплая и безветренная погода	слабый дождь и ветер (5-10 м/с)	сильный дождь и умеренный ветер (10- 20 м/с)	ливень/снегопад/сильный ветер (свыше 20 м/с)
цементобетонные и асфальтобетонные покрытия	1	1	1,2	1,5
щебеночные и гравийные покрытия	1,2	1,3	2	5
естественные грунтовые дороги	1,3	1,5	5	10
естественные грунтовые дороги, проходящие через овраги, склоны, русла и пр.	1,4	2	10	15

Увеличение тарифа при влиянии погодных условий сильный дождь и умеренный ветер (10- 20 м/с) связан с появлением труднопроходимых участков, участков с размытым покрытием, больших луж, которые способствуют повышению колебаний кузова транспортного средства.

Учет таких погодных условий как ливень/снегопад/сильный ветер (свыше 20 м/с) наибольшим образом сказывается на увеличении тарифа. Это связано с повышением уровня колебаний кузова вследствие порывов сильного ветра, крупных и глубоких луж, а также непроходимых участков на дорогах с естественным покрытием.

Применив полученные коэффициенты, уточненная транспортная таблица 4.1 принимает следующий вид (таблица 4.3).

Таблица 4.3 –Транспортная таблица для различных погодных условий

		Потребители			
		B_1 (магазин 4)	B_2 (склад 5)	B_3 (минизавод 6)	Запасы
Поставщики	A_1 (участок 1)	151,6	49,8	348	40
	A_2 (участок 2)	78,8	68,4	45,6	30
	A_3 (участок 3)	22,8	57,6	94	20
	Потребности	15	40	35	90

Решение для данной таблицы в MSExcel с помощью опции «Поиск решения» имеет следующий вид (рисунок 4.37).

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2			B1	B2	B3	запас	
3	A1	151,6	49,8	348		40	
4	A2	78,8	68,4	45,6		30	
5	A3	22,8	57,6	94		20	
6	спрос	15	40	35		90	
7							
8							
9							
10			B1	B2	B3	запас	
11	A1	1E-06	39,999999	0		40	
12	A2	0	0	30		30	
13	A3	15	0	5		20	
14	спрос	15	40	35			
15							
16							
17							
18		Стоимость перевозок и	4172				
19							
20							
21							

Рисунок 4.37 - Решение транспортной задачи с увеличивающимися тарифами

Стоимость перевозок с учетом увеличивающих коэффициентов составляет 4172 руб., что на 838 руб. дороже, чем транспортировка по исходным тарифам. Таким образом темп роста тарифа составляет 125,13%, т.е. прирост стоимости транспортировки по тарифам, учитывающим погодные условия и состояние дорожного покрытия, составляет 25,13 %.

По результатам вычислений, была составлена номограмма, позволяющая определять тарифы в зависимости от таких факторов как используемый тип дорог и их покрытие, географические особенности местности – овраги, ручьи, пересохшие русла рек и пр., которые могут при определенных обстоятельствах стать либо непреодолимыми препятствиями для транспортного средства, либо существенно увеличить колебания кузова при транспортировке, а также и погодные условия, которые, накладываясь на вышеперечисленные факторы, могут существенно усложнить условия грузоперевозки по типовым для данной местности маршрутам (рисунок 4.38).

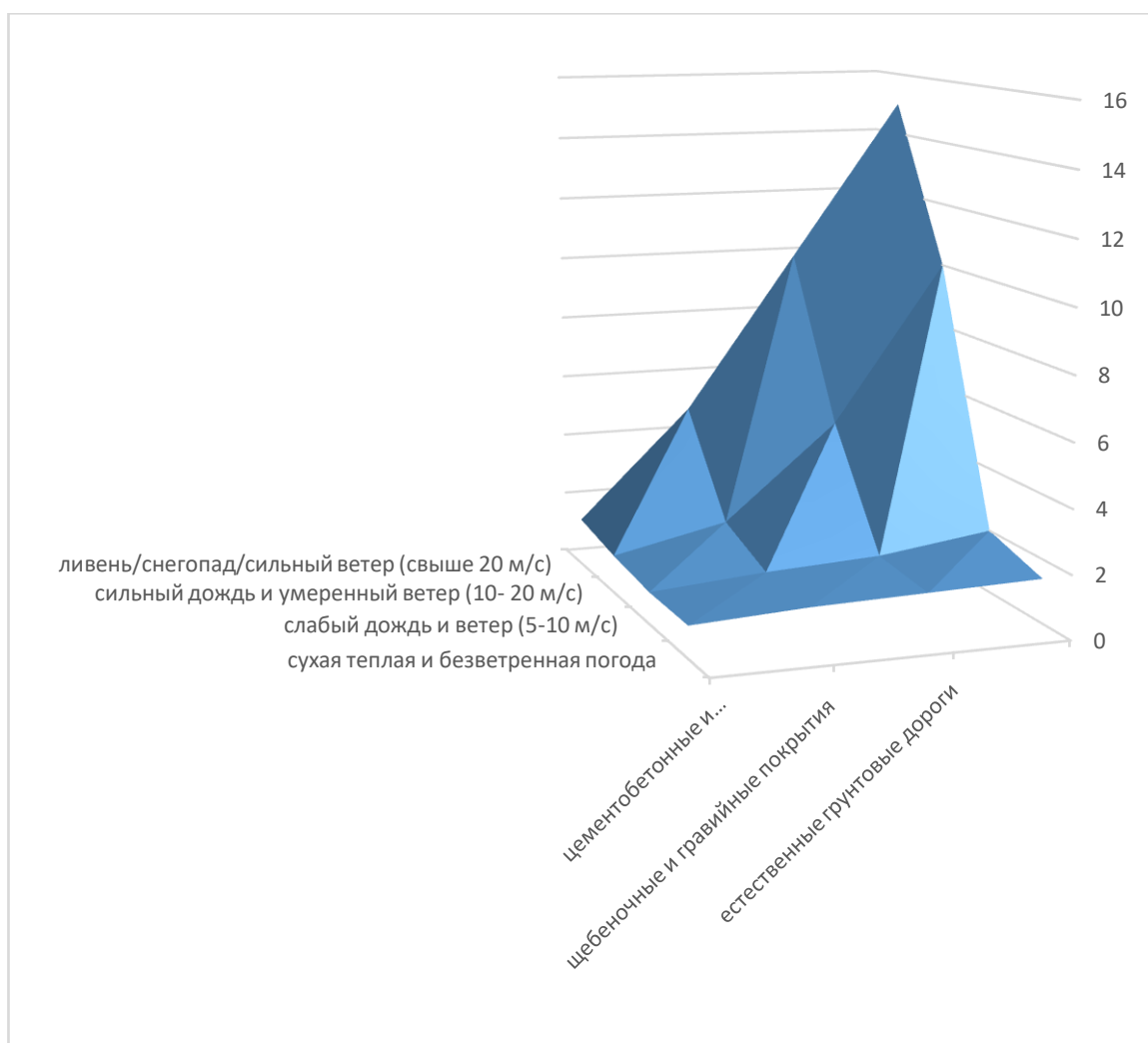


Рисунок 4.38– Номограмма определения тарифа перевозок от погодных условий и состояния дорожного покрытия

Таким образом, учитывая, что за одну поездку мы перевозим 2500 кг, то установление нового тарифа увеличивает стоимость перевозки на 838 рублей ($4172 - 3334 = 838$ руб. за 2500 кг.) за весь груз. Однако, если не будет выбран данный транспортный маршрут, это снизит колебания, а значит увеличит количество яблок, не претерпевших снижение сортности и не подверженных переоценке (3,5 кг в сутки), что – при цене 100 рублей за килограмм – приведет к увеличению выручки на 350 руб. Поскольку 2500 кг яблок в среднем реализуется за 50 дней, то увеличение выручки за весь период составит 17500 руб.

Тогда экономический эффект от предложенных мероприятий составит 16662 руб. ($17500 - 838 = 16662$) за весь перевозимый груз – 2500 кг, а на одну тонну – 6664,8 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проведения исследований и подготовки диссертационной работы были получены следующие результаты.

1. Существующие линейные календарные и сетевые графики не учитывают множество факторов, таких как дорожную ситуацию, состояние дорожного покрытия, погодно-климатические условия, и пр. Указанные факторы могут играть роль ограничений в существующих математических моделях, описывающих общие условия перевозки при известных тарифах, спросе на однородный груз со стороны потребителей и возможностях удовлетворить этот спрос со стороны поставщиков. Одноразово устанавливаемый тариф на грузоперевозку из одного пункта другой не позволяет принять во внимание обеспечение сохранности груза – особенно это касается легкоповреждаемого груза, в частности плодоовощной продукции – при транспортировке. При этом, также не принимается во внимание соотношение «качества» груза в исходных точках и конечных пунктах назначения. Поэтому возникает необходимость уточнения как целевой функции математической модели, так и ее граничных условий, что позволило бы получить более корректные оценки общей стоимости грузоперевозки при установленном уровне сохранности плодов.

2. Экспериментальные исследования оценки ускорений при перевозках сельскохозяйственных грузов на разных типах дорог показали следующее:

- необходимо скорректировать допустимые значения ускорений при перевозке яблок, понизив их с $1,42 \text{ м/с}^2$ до $0,7...1,2 \text{ м/с}^2$, принимая во внимание колебания груза по всем трем координатам, и ввести запрет на их транспортировку по грунтовым дорогам в период дождей и осенне-весенней распутицы, а также по дорогам со щебеночным покрытием, находящихся в неудовлетворительном состоянии. Максимальные значения ускорения ($0,2 \text{ м/с}^2$) для асфальта позволяют рекомендовать его «всепогодно» и с более высокой скоростью транспортного средства;

- при движении автомобиля по асфальту со скоростью 50 км/ч положение ящика несущественно влияет на колебания яблок вдоль продольной оси автомобиля (ось x) – максимальное абсолютное отклонение составляет 0,09 м/с; положение ящика над задней осью повышает уровень колебаний в вертикальной оси (ось z) на 44%; положение ящика на задней консоли кузова (за задней осью) увеличивает амплитуду колебаний ящика вдоль поперечной оси автомобиля (ось y); при движении автомобиля по асфальту со скоростью 50 км/ч преобладающими направлениями колебаний ящика являются вертикальная и поперечная оси автомобиля; наилучшим положением для ящика является задняя консоль кузова (за задней осью), поскольку суммарные колебания в этом положении являются наименьшими, а наихудшим – положение над задней осью;

Проведение исследований по оценке сохраняемости яблок после их транспортировки в кузове автомобиля показали следующее:

- даже достаточно плотная укладка в таре плодов устойчивого к повреждениям сорта не гарантирует сохранности плодов при наличии колебательных нагрузок, причем при сравнительно невысоких значениях ускорения;
- температура в таре с плодами определяется температурой внешнего помещения, где они располагаются, а влажность в таре с плодами существенно возрастает при их повреждении – на 11-17 % по отношению к контрольной группе – и способствует ускорению процессов гниения плодов;
- потеря товарного вида плодов происходит уже на 3-4 день после ударно-вибрационного воздействия, при этом уже нельзя вести речь об их последующем хранении.

3. Для изменения или полного «отсечения» маршрутов предлагается использовать повышенный тариф на грузоперевозку, доводя его до запретительного в случае таких ситуаций, как использование грунтовых дорог

при сильном дожде или снегопаде; сильном порывистом ветре на открытых участках трасс; весеннем половодье и пр.

С учетом погодных и дорожных математическая модель, описывающая перевозку грузов от нескольких поставщиков к нескольким потребителям будет выглядеть следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} (c_{ij} + \max\{c_{ij}^r; c_{ij}^w\}) \rightarrow \min, \\ \forall x_{ij} \geq 0, \\ \forall c_{ij} \geq 0, \\ c_{ij}^r = \begin{cases} 0 & \text{— для автомагистралей,} \\ > 0 & \text{— для остальных типов дорог,} \end{cases} \\ c_{ij}^w = \begin{cases} 0 & \text{— для сухой безветренной погоды летом,} \\ > 0 & \text{— для других погодных условий и времен года,} \end{cases} \end{array} \right.$$

где c_{ij}^r – поправочный тариф на дорожное покрытие и его состояние; c_{ij}^w – поправочный тариф на погодные условия.

Метод учета в тарифах природно-климатических и дорожных условий позволит уточнить их на основе введения весовых коэффициентов, изменяющих тарифы вплоть до запретительных по линейному, пороговому или сигмоидальному закону.

4. Разработанная номограмма изменения влажности яблок от ускорений, которым они подвергались при транспортировке, и времени их последующего хранения, а также номограмма переоценивания (снижения сортности) яблок в зависимости от ускорений и времени последующего хранения позволяют прогнозировать время сохраняемости яблок и их цену в зависимости от условий их транспортировки, при этом номограмма увеличения тарифа от погодных условий и дорожного покрытия позволяет выбрать наиболее благоприятные маршруты перевозки, исключая потенциально опасные маршруты с точки зрения высоких уровней колебательной нагрузки на перевозимые плоды. Экономический эффект от соблюдения условий выбора маршрута за счет повышения уровня сохраняемости яблок составил 6664,8 за тонну перевозимого груза.

Предложения производству

Предлагаемые методы позволят выбирать наиболее благоприятные маршруты перевозки в различных погодных условиях и при различном состоянии дорожного покрытия с точки зрения максимальной сохранности плодоовощной продукции.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Возможна интеграция показаний акселерометров с навигационным оборудованием, установленном на транспортном средстве, для повышения мобильности выбора маршрута, а также информирования водителей других транспортных средств о маршрутах оптимального передвижения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ внутрихозяйственных перевозок сельскохозяйственной продукции /Аникин Н.В., Бышов Н.В., Борычев С.Н., Рембалович Г.К., Успенский И.А., Юхин И.А.// Перспективные направления автотранспортного комплекса: сборник II Международной научно-производственной конференции. Пенза, 2009. С.111-113
2. Аникин Н. В. Снижение уровня повреждения перевозимой сельскохозяйственной продукции за счет использования устройства для стабилизации положения транспортного средства / Н. В. Аникин, С. Н. Борычев, Н. В. Бышов, И. А. Юхин и [др.] // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей: XII Международная научно-практическая конференция – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2010. – С. 319-322.
3. Аникин Н. В. Устройство для снижения колебаний грузовой платформы / Н. В. Аникин, С. В. Колупаев, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Сельский механизатор. – 2009. - №8. – С. 31.
4. Батищев, И. И. Транспортное обслуживание сельского хозяйства / И. И. Батищев, В. А. Зязев, Г. Е. Кузнецов // Автомоб. трансп. – М.: – 1980. – № 1. – С. 20–22
5. Беккер, М. Г. Введение в теорию систем «местность-машина» / М. Г. Беккер; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1973. – 520 с.
6. Белю Л.П. Анализ факторов, влияющих на производственный процесс внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов [Текст] / Л.П. Белю, Д.С. Рябчиков, Е.В. Горин и др. // Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса: Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – Рязань: РГАТУ, 2019 – С. 54-62.
7. Белю Л.П. Влияние окружающей среды на транспортные перевозки сельхозпродукции [Текст] / Л.П. Белю // Энергоэффективные и

ресурсосберегающие технологии и системы: Материалы Международной научно-практической конференции – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.Л. Огарева, 2018. – С. 473-478. https://ops.fhwa.dot.gov/weather/q1_roadimpact.htm

8. Белю Л.П. Использование сетевого планирования при грузоперевозках сельскохозяйственной продукции [Текст] / Л.П. Белю // Актуальные вопросы применения инженерной науки: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции – Рязань: . – РГАТУ, 2019 – С. 219-224.

9. Белю Л.П. Некоторые тенденции развития логистических процессов в сельском хозяйстве [Текст] / Л.П. Белю // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: Материалы Международной научно-практической конференции – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.Л. Огарева, 2017. – С. 125-131.

10. Белю Л.П. Современные проблемы рационального использования автомобильного транспорта в сельском хозяйстве [Текст] / Л.П. Белю // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-й Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России – Рязань: РГАТУ, 2017 – С. 26-30.

11. Белю Л.П. Формирование системы критериев и ограничений производственных процессов перевозки сельскохозяйственных грузов [Текст] / Л.П. Белю, Н.А. Лебедева // Вестник РГАТУ. – 2017. – № 2. – С. 106-111.

12. Белю Л.П., Сохранность плодов на внутрихозяйственных перевозках / Симдянкин А.А., И.А. Успенский, Л.П. Белю, И.А. Юхин, О.В. Филюшин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – №2 С.346 – 356

13. Белю Л.П. Оценка потенциальной повреждаемости сельскохозяйственных грузов при их перевозке по дорогам с различным покрытием /Симдянкин А.А., Белю Л.П. // Нива Поволжья – 2020. - №2 (55).
14. Беренштейн И.Б. Внутрихозяйственная и междугородная транспортировка плодов / И.Б. Беренштейн // Труды ВНИИ сад. им. И.В. Мичурина, Вып. 17. – Мичуринск, 1973. – С. 263-270
15. Беренштейн И.Б. Заготовки, транспортирование и хранение плодов / И.Б. Беренштейн, Р.Я. Ципруш – М.: Агропромиздат, 1988. – 143 с.
16. Булатов Е.П. Особенности перевозки сельскохозяйственной продукции в кузове автотранспортных средств / Е.П. Булатов, Г.Д. Кокорев, Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Часть 2. Материалы VI международной научно-практической конференции. Пенза, 2010. - С. 22 – 27
17. Быкова О.В., Заруднев Д.И. Стоимостные и технико-эксплуатационные показатели выбора грузовых автотранспортных средств // Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. №5. – с. 142 – 147.
18. Гамаюнов, П.П. Эффективность использования энергетических способностей автомобилей на транспортных работах / П.П. Гамаюнов, С.А. Алексеев // Научное обозрение. - 2014. - № 11-1. С. 46-49.
19. Гатаулин, А. И. Экономико-математические методы в планировании сельскохозяйственного производства / А. И. Гатаулин, Г. В. Гаврилов, Л. А. Харитокова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 272 с.
20. Гоберман, В. А. Автомобильный транспорт в сельскохозяйственном производстве: эффективность и качество работы, оценка и разработка организационно-технических решений / В. А. Гоберман. – М.: Транспорт, 1986. – 287 с
21. Годжаев З.А. К вопросу создания экологически безопасных всесезонных автомобилей сельскохозяйственного назначения / З.А. Годжаев,

А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков, М.Л. Крюков // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 3. С. 48-52.

22. ГОСТ 10131-93 Ящики из древесины и древесных материалов для продукции пищевых отраслей промышленности, сельского хозяйства и спичек. Технические условия.

23. ГОСТ 17812-72 Ящики дощатые многооборотные для овощей и фруктов. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3)

24. ГОСТ 16270-70 Яблоки свежие ранних сроков созревания. Технические условия (с Изменениями N 1-7)

25. ГОСТ 17812-72 Ящики дощатые многооборотные для овощей и фруктов. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3).

26. ГОСТ 24597-81 Пакеты тарно-штучных грузов. Основные параметры и размеры.

27. ГОСТ 26663-85 Пакеты транспортные. Формирование с применением средств пакетирования. Общие технические требования (с Изменением N 1).

28. ГОСТ 26927-86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути (с Изменением N 1).

29. ГОСТ 26930-86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка (с Изменением N 1).

30. ГОСТ 26934-86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка (с Изменением N 1).

31. ГОСТ 34314-2017 Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия.

32. ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия.

33. ГОСТ Р 50528-93. Яблоки свежие. Хранение в контролируемой атмосфере.

34. Дергунова М. И., Говорова М. С., Мельникова А. В., Мельникова В. Л. «Зеленый» маркетинг и его особенности [Текст] // Актуальные вопросы

экономики и управления: материалы III Международной научной конференции — М.: Буки-Веди, 2015. — С. 72-74.

35. Заводнов В. С. Деформация мякоти плодов при транспортировании. / В.С. Заводнов // Тр. ВНИИ Механизации сельск. хоз-ва - М., 1966. - С. 69-82.

36. Заводнов В.С. О повреждаемости плодов и овощей при транспортировке / В.С. Заводнов // Садоводство и виноградарство Молдавии – 1965 – N 6. – С. 48-51

37. Заводнов В.С. Исследование физико-механических свойств овощей и фруктов и условий их перевозки в сельском хозяйстве: автореф. дис. канд. техн.наук. / В.С. Заводнов – Волгоград: Волгоградский СХИ, 1968. – 22 с.

38. Игнатов В.Д. Организация перевозок грузов в колхозах и совхозах / В.Д. Игнатов.– М.: Россельхозиздат, 1978. – 204 с.

39. Измайлов А.Ю. Техническое обеспечение транспортной логистики в технологиях производства сельскохозяйственной продукции: дис. докт. техн. наук 05.20.01 / Измайлов Андрей Юрьевич. – М., 2007. - 342 с.

40. Измайлов А.Ю. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, В.М. Бейлис, Ю.С. Ценч - Москва, 2019. Том Часть 1 Инновационная система машинно-технологического обеспечения сельскохозяйственных предприятий на длительную перспективу.

41. Измайлов А.Ю. К вопросу обоснования технико-экономического уровня сельскохозяйственных машин и оборудования / А.Ю. Измайлов, В.А. Макаров // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 6. С. 3-9.

42. Измайлов А.Ю. Модернизация технологий транспортирования селекционного урожая / А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков, Р.К. Курбанов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 6-8.

43. Измайлов, А.Ю. Интенсивные машинные технологии и техника нового поколения для производства основных групп сельскохозяйственной

продукции / А.Ю. Измайлов, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. 2017. № 7. С. 2-6

44. Измайлов А.Ю. Развитие интенсивных машинных технологий и техники нового поколения для производства основных групп продовольствия / А.Ю. Измайлов, Ю.А. Иванов, Ю.Х. Шогенов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 2 (26). С. 20-31.

45. Измайлов А.Ю. Расчет производительности и потребности технических средств уборочно-транспортного комплекса / А.Ю. Измайлов, А.А. Артюшин, Н.Е. Евтюшенков, Г.С. Бисенов, В.Ф. Рожин, Д.Н. Кынев // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 2. С. 5-10.

46. Инструкция по составу, учету и калькулированию затрат, включаемых в себестоимость перевозок (работ, услуг) предприятий автомобильного транспорта. (утв. Минтранс РФ 29.08.1995).

47. Ипатов А.А. Формирование эксплуатационно-экономических требований к перспективным моделям грузовых автомобилей / А.А. Ипатов. – 224 М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2003. – 236 с

48. Котелянец В. И. Эффективность использования транспорта в агропромышленном комплексе / В. И. Котелянец, А. И. Пилипченко. – М.: Агропромиздат, 1987. – 240 с.

49. Мальцев Ю.А. Экономико-математические методы проектирования транспортных сооружений: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования [Текст] / Ю.А. Мальцев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.

50. Марунченко Ю. М. Вопросы перспективного планирования объемов перевозок сельскохозяйственных грузов и потребности в автотранспортных средствах (на примере РСФСР): Дис. канд. экон. наук / Ю.М. Марунченко. – М., 1974. – 250 с.

51. Методические рекомендации "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте".

52. Оптимизация состава грузового автомобильного транспорта и его использование в сельскохозяйственных предприятиях: монография / А.П. Курносков, А.В. Улезько, С.А. Кулев, А.Н. Черных, С.В. Ломакин, А.А. Казанцев. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 218 с.

53. Патент 2519304 РФ, МПК51 В 62 D 37/00 Устройство стабилизации кузова транспортного средства / Успенский И.А., Симдянкин А.А., Юхин И.А., Жуков К.А., Бышов Н.В., Борычев С.Н., Ильченко А.Ю., Павлов В.А. (RU), заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» - № 2012157940; заявл. 28.12.2012; опубл. 10.06.2014, бюл. № 16. – 9 с. : ил.

54. Патент 81152 РФ, МПК51 В 62 D 37/00 Устройство для стабилизации положения транспортного средства / Минякин С. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Аникин Н. В., Гречихин С. Ю., Рембалович Г. К. (RU); заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства. - № 2008139805; заявл. 07.10.2008; опубл. 10.03.2009, бюл. № 7. – 2 с. : ил.

55. Патент №2642507 «Метод беспутниковой навигации» G01S 19/42 / Симдянкин А.А., Успенский И.А., Бышов Н.В. опубл. 25.01.2018, Бюл. №3.

56. Патент на изобретение № 2703409. Способ информирования водителя транспортного средства на перекрестках о потоках транспортных средств [Текст] / А.А.Симдянкин, И.А. Успенский, Л.П. Белю и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ. – № 2018127029; заявл. 23.07.2018; опубл. 16.10.2019. Бюл. № 29. - 3 с. : ил.

57. Патент на изобретение RU 2636569 С. Устройство для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции / Юхин И.А., Голиков А.А., Симдянкин А.А., Успенский И.А., Бышов Н.В., Борычев С.Н.,

Родионова Е.А., Зейналов Э.А., Кокорев Г.Д., Шафоростов В.А. Заявка: 2016120142 от 24.05.2016; Опубликовано 23.11.2017 Бюл. № 33.

58. Перспективы снижения повреждения яблок при внутрихозяйственных перевозках / Шафоростов В.А., Успенский И.А., Голиков А.А., Юхин И.А. // Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России «Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве». Рязань: ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», 2017, С. 409-414.

59. Пехутов, А. С. Применение универсальных автомобилей в сельском хозяйстве / А.С. Пехутов: труды БурСХИ. – Улан-Удэ, 1992. – С. 48- 51

60. Пехутов, А. С. Приспособленность автомобилей к условиям перевозок агропромышленного комплекса / А. С. Пехутов // Программное обеспечение автомобильных перевозок и безопасности дорожного движения: сб. науч. тр. – М.: МАДИ, 1989. – С. 13–15

61. Пехутов, А. С. Технологический процесс перевозок грузов в сельском хозяйстве / А. С. Пехутов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – Выпуск VI. – УланУдэ: Изд-во Бурятской ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2007. – С. 70-84.

62. Повышение эффективности эксплуатации автотранспорта и мобильной сельскохозяйственной техники при внутрихозяйственных перевозках [Электронный ресурс] / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский и др. // Научный журнал КубГАУ. – 2013. - №88 (04) – URL : <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/35.pdf>

63. Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства 2019: Курс на сокращение потерь и порчи продовольствия. ISBN: 9789251319222. Рим: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. – 504 с.

64. Постановление Правительства РФ от 15.04.2011 N 272 (ред. от 22.12.2016) "Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом".

65. Постановление Правительства РФ от 25.07.2006 N 458 (ред. от 23.05.2019) "Об отнесении видов продукции к сельскохозяйственной продукции и к продукции первичной переработки, произведенной из сельскохозяйственного сырья собственного производства".

66. Приказ Минсельхоза РФ от 14.01.2009 N 3 (ред. от 02.07.2009) "Об утверждении норм естественной убыли зерна, продуктов его переработки и семян различных культур при хранении" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 16.02.2009 N 13359).

67. Проблемы и технические решения использования высокопроизводительной транспортной сельскохозяйственной техники / А.С. Попов, И.А. Юхин, И.А. Успенский и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №10(114). С. 949 – 974. – IDA [article ID]: 1141510073. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/73>.

68. Пути снижения травмируемости плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / И.А. Успенский, И.А. Юхин, К.А. Жуков и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). С. 360 – 372.

69. Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 N АМ-23-р (ред. от 20.09.2018) "О введении в действие методических рекомендаций "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте".

70. Раюшкина А.А. Диссертация «Повышение сохранности плодоовощной продукции при ее доставке потребителям автомобильным транспортом», 2004, Волгоград.

71. Рихтер, К. Ю. Транспортная эконометрия / К. Ю. Рихтер; пер. с нем. О. А. Григорьева / Под ред. Э. И. Позамантира. – М.: Транспорт, 1982. – 317 с
72. Рябов И.М. Алгоритм выбора рациональной технологической схемы доставки грузов в контейнерах / В.В. Горина, И.М. Рябов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Т.5. № 6 (32): Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2017. – С. 68-72
73. Рябов И.М. Оценка эффективности подвески автомобиля с динамическим гасителем колебаний колес при переезде единичной неровности / А.М. Ковалев, И.М. Рябов., К.В. Чернышов // Материалы международной научно-практической конференции «Прогресс транспортных средств и систем – 2018». Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2018. – С. 243-244.
74. СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.
75. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2019619085. Расчет времени отрывов колес автомобиля при движении по дорогам с различным микропрофилем / Чернышов К.В., Рябов И.М., Скрибунова В.Е., Еронтаев В.В., Мухучев Ш.М., Поздеев А.В. Заявка №2019618000 от 01.07.2019. Опубликовано 10.07.2019. Правообладатель ВолгГТУ.
76. Совершенствование транспортных и погрузочно-разгрузочных работ при перевозке сельскохозяйственных грузов / Шафоростов В.А., Успенский И.А., Юхин И.А., Голиков А.А. // Материалы Всероссийского научно-практического круглого стола «Актуальные вопросы материально-технического снабжения органов и учреждений уголовно-исполнительной системы». Академия ФСИН России, 2017. – С. 282-290.
77. Советов, Б. Я. Моделирование систем: учебник для вузов по спец. «Автоматизированные системы управления» / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 1985. – 271 с.

78. Теоретические основы оптимального двухступенчатого регулирования жесткости подвески транспортного средства в цикле колебаний / Черныщов К.В., Рябов И.М., Поздеев А.В. // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2018. Т.6. № 2. – С. 10-17.
79. Тракторные поезда / П. П. Артемьев [и др.]; под ред. В. В. Гуськова. – М. : Машиностроение, 1982. – 183 с. : ил.
80. Транспортно-технологический автопоезд для сельского хозяйства / Л. К. Глинер, Ю. Л. Зеленин, Е. М. Кречетов, Х. Л. Сироткин // Мех. и электр. сел. хоз-ва. – 1985. – № 6. – С. 11–13
81. Универсальные транспортные средства для выполнения транспортно-погрузочных работ при внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции [Текст] / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А.Успенский и др.// Научный журнал КубГАУ – 2013 - №93 (09). - С. 241-244.
82. Успенский, И.Н., Юхин, И.А. и др. Пути снижения травмируемости плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках // Научный журнал КубГАУ, № 96(02), 2014.
83. Хачатрян Х.А. Вопросы механизации уборки и транспортировки плодов / Х.А. Хачатрян – Ереван, Айстан, 1967. – 187 с.
84. Хачатрян Х.А. Явления вибрации при перевозке плодов / Х.А. Хачатрян, Г.В. Тарджуманян // Изв. с.-х. наук, Вып 1. – Ереван, 1967. – С. 42-51.
85. Шалягин, В. Н. Определение областей эффективного применения транспортных средств / В. Н. Шалягин // Мех. и электр. сель. хоз-ва. – М., 1985. – № 6. – С. 3–5
86. Шурихт Р. Производство плодов. Технология, экономика, организация / Пер. с нем. Г. Н. Мирошниченко; Под ред. В. И. Демьянова.— М.: Колос, 1984.— 303 с.
87. Юхин И.А., Голиков А.А. Методология совершенствования уборочно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ при внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции в АПК // Сборник статей Международной научной конференции молодых ученых и специалистов

«Наука молодых – агропромышленному комплексу» / редкол.: Голубев А.В. [и др.], 2016. – С. 193-195.

88. Яценко, Н. Н. Плавность хода грузовых автомобилей / Н. Н. Яценко, О. К. Прутчиков – М. : Машиностроение, 1969. - 217 с.

89. A method to assess congestion in various traffic directions [Текст]/ L. Belyu, A. Simdiankin, I. Uspensky, K. Ratnikov// Transportation research procedia: Elsevier B.V., 2018. – p. 725-731

90. B. Scholz-Reiter, K. Windt, M. Freitag University of Bremen, Bremen, Germany. Autonomous Logistic Processes – New Demands and First Approaches. [Электронный ресурс] URL <http://www.sfb637.uni-bremen.de>

91. Belyu L.P. Tariff Regulation on the base of Weather and Seasonal Changes in Transportation Environment / A.A. Simdiankin, P.S. Probin, L.P. Belyu, N.A. Prodanova, T.L. Melekhina, S.Y. Yusupova // J. Environ. Treat. Tech. ISSN: 2309-1185 Journal web link: <http://www.jett.dormaj.com> [https://doi.org/10.47277/JETT/8\(4\)](https://doi.org/10.47277/JETT/8(4)). p. 1331-1336.

92. Beyaz A. Harvest glove and LabView based mechanical damage determination on apples // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 22826. P. 49-55.

93. Conventional and alternative pre-harvest treatments affect the quality of ‘Golden delicious’ and ‘York’ apple fruit / Teixeira G.H. de Almeida, V. Meakem, C. de L. Medeiros de Moraes, K. M. Gomes de Lima, S. R. Whitehead // Environmental and Experimental Botany. 2020. Volume 173. Article 104005.

94. Cuticular wax composition changes of 10 apple cultivars during postharvest storage / Y. Chai, A. Li, S. C. Wai, C. Song, Q. Lin // Food Chemistry. 2020. Volume 32415. Article 126903.

95. Dan Tan. Developing Agricultural Products Logistics in China from the Perspective of Green Supply Chain. International Journal of Business and Management; Vol. 7, No. 21; 2012.

96. Determining the resistance to mechanical damage of apples under impact loads / R. Stopa, D. Szyjewicz, P. Komarnicki, Ł. Kuta // Postharvest Biology and Technology. 2018. Vol. 146. P. 79-89.

97. Effect of innovative microwave assisted freezing (MAF) on the quality attributes of apples and potatoes / P. K. Piyush Kumar Jha, S. Chevallier, E. Xanthakis, V. Jury, A. Le-Bail // Food Chemistry. 2020. Volume 30930. Article 125594.
98. Effect of vibration on storage quality and ethylene biosynthesis-related enzyme genes expression in harvested apple fruit / F. Lu, F. Xu, Z. Li, Y. Liu, L. Zhang // Scientia Horticulturae. 2019. Volume 24930. P. 1-6.
99. Energy analysis of vehicle suspension oscillation cycle / Ryabov I.M., Chernyshov K.V., Pozdeev A.V. // 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING, ICIE 2016. PROCEA ENGINEERING. Elsevier Ltd, Chelyabinsk, 2016 г. – p. 384-392
100. Gerard de Jong, Inge Vierth, LA. Tavasszy, Recent developments in national and international freight transport models within Europe. Article in Transportation · February 2012. DOI: 10.1007/s11116-012-9422-9
101. <https://www.fhwa.dot.gov/policy/ohpi/hss/hsspubs.cfm>
102. Influence of drop shock on physiological responses and genes expression of apple fruit / F. Xu, F. Lu, Z. Xiao, Z. Li // Food Chemistry. 2020. Vol. 30315. Article 125424.
103. Limit values of impact energy determined from contours and surface pressure distribution of apples under impact loads / R. Stopa, D. Szyjewicz, P. Komarnicki, Ł. Kuta // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 154. P. 1-9.
104. Metamodelling in the information field [Текст]/ L. P. Belyu, Y.P. Kozhaev, V. Ya. Tsvetkov и др.// Amazonia Investiga. Vol. 9 Núm. 25, p. 395 - 402/ enero 2020.
105. Method of Traffic Safety Enhancement with Use of RFID Technologies and its Implementation / A.A. Simdiankin, I.A. Uspensky, N.V. Byshov. // Transportation Research Procedia, 2017. – Volume 20, Pages 107-111.
106. O'Brien M., Claypool L.L., ect. Causes of fruit bruising on transport trucks. – Hilgardia, 1963, №6, vol. 35. p.113-124.

107. O'Brien M., I.P. Gentri, Gibsons R.C., et. Vibrating characteristics of fruits as related, to in transit injury. – Transactions of the ASAE, 1965№2, vol. 8
108. OparaUmezuruike L., Fadiji T. Compression damage susceptibility of apple fruit packed inside ventilated corrugated paperboard package // *Scientia Horticulturae*. 2018. Volume 2273. P. 154-161.
109. Scheffler Otto C., Coetzee Corné J., OparaUmezuruike L. A discrete element model (DEM) for predicting apple damage during handling // *Biosystems Engineering*. 2018. Vol. 172. P. 29-48.
110. Springael J., Paternoster A., Braet J. Reducing postharvest losses of apples: Optimal transport routing (while minimizing total costs) // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. Volume 146. P. 136-144.
111. Susceptibility of apples to bruising inside ventilated corrugated paperboard packages during simulated transport damage / T. Fadiji, J. Coetzee Corné, L. Chen, O. Chukwu, L. OparaUmezuruike // *Postharvest Biology and Technology*. 2016. Volume 118. P. 111-119.
112. Susceptibility to impact damage of apples inside ventilated corrugated paperboard packages: Effects of package design / T. Fadiji, J. Coetzee Corné, P. Pathare, L. OparaUmezuruike // *Postharvest Biology and Technology*. 2016. Volume 111. P. 286-296.
113. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. A. Simdiankin, D. E. Kashirin, G. D. Kokorev, M. Y. Kostenko, G. K. Rembalovich, I. A. Uspensky, I. K. Danilov // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. № 13(10). P. 3502-3508.
114. АГРОXXI агропромышленный портал. [Электронный ресурс] URL <http://www.agroxxi.ru>
115. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)[Электронный ресурс] URL <https://vim.ru/>

Приложения

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2703409

**СПОСОБ ИНФОРМИРОВАНИЯ ВОДИТЕЛЯ
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ПЕРЕКРЕСТКАХ О
ПОТОКАХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (RU)*

Авторы: *Симдянкин Аркадий Анатольевич (RU), Успенский Иван Алексеевич (RU), Белю Людмила Петровна (RU), Ратников Кирилл Сергеевич (RU), Бышов Николай Владимирович (RU)*

Заявка № 2018127029

Приоритет изобретения 23 июля 2018 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 16 октября 2019 г.

Срок действия исключительного права на изобретение истекает 23 июля 2038 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев



«УТВЕРЖДАЮ»



проректор по научной работе

Л.Н. Лазуткина

20__ г.

АКТ

о внедрении законченной научно-исследовательской, опытно-конструкторской и технологической работы

Мы, нижеподписавшиеся, представитель федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» в лице научного руководителя научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы

д.т.н., профессора Симдянкина Аркадия Анатольевича

и представитель ООО "Силумин"
(наименование организации, предприятия)

г. Рязань

в лице директора Синицина Павла Сергеевича

составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы на тему: «Оценка повреждений яблок в таре на автомобильных перевозках агропромышленного комплекса», выполненной кафедрой (лабораторией): «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО РГАТУ в 2018...2020 гг., используется ООО "Силумин", г.Рязань

(предприятие, организация)

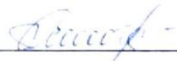
при маршрутизации перевозок сельскохозяйственных грузов согласно методике, предложенной соискателем Белю Л.П., базирующейся на математической модели, учитывающей особенности перевозки плодоовощной продукции в различных погодных условиях и на дорогах с различным состоянием дорожного покрытия.

Внедрение результатов исследований позволило предприятию (организации) за счет повышения сохранности плодоовощной продукции


получить технико-экономический эффект в сумме 23,5 тыс. рублей за летне-осенний период 2020 года.

Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению: совместно с кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО РГАТУ продолжить исследования в направлении рационализации размещения акселерометров в автомобиле и способов интеграции их показаний с системами навигации типа «Яндекс.Карты».

В научно-исследовательской работе принимали участие:

соискатель  Л.П. Белю

**Представитель ФГБОУ ВО РГАТУ,
научный руководитель работы**

д.т.н., профессор
 А.А.Симдянкин
(подпись)

« » 2020 г.

**Директор ООО «Силумин»,
г.Рязань**

 Г.С. Сеницин
(подпись)

М.П. « » 2020 г.



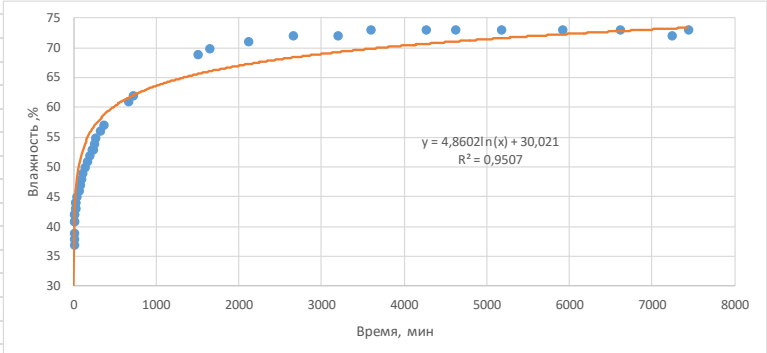
Результаты измерения влажности и температуры в пустых ящиках
контрольной и экспериментальной группах

контрольная группа			экспериментальная группа		
время	влажность	температура	время	влажность	температура
1	43	27,4	1	41	27,5
2	46	27,3	2	46	27,3
97	46	27,4	97	46	27,4
150	46	27,5	150	46	27,5
281	45	27,7	281	45	27,7
368	45	27,3	368	45	27,2
422	44	27	422	44	27
1062	40	27,5	1062	42	27,5
1178	40	27,6	1178	41	27,6
1296	39	27,7	1296	41	27,6
1419	39	27,8	1419	40	27,7
1441	39	27,8	1441	40	27,8

Результаты измерения влажности и температуры в ящиках с плодами
яблок контрольной и экспериментальной группах

контрольная группа			экспериментальная группа		
время	влажность	температура	время	влажность	температура
1	37	28	1	43	28
2	38	28,1	2	45	28,1
3	39	28	3	51	28,1
7	41	28	7	54	28
8	41	28	8	55	28
9	42	27,9	9	55	28
10	42	28	10	56	28
14	43	27,9	14	56	27,9
16	43	27,9	16	57	27,9
21	44	27,8	21	57	27,9
25	44	27,8	25	57	27,8
33	45	27,7	33	58	27,8
54	46	27,7	54	58	27,7
68	47	27,6	68	59	27,6
83	48	27,7	83	61	27,7
102	49	27,7	102	63	27,7
131	50	27,7	131	64	27,7
160	51	27,7	160	66	27,7
188	52	27,8	188	67	27,7
221	53	27,8	221	69	27,7
238	53	27,8	238	70	27,8
252	54	27,9	252	71	27,8
263	55	27,9	263	72	27,8
316	56	27,9	316	73	27,8
361	57	27,9	361	74	27,8
665	61	28,1	665	78	28
721	62	28,1	721	78	28
1500	69	28,3	1500	82	28,2
1637	70	28,3	1637	82	28,3
2110	71	28,1	2110	83	28,1
2645	72	28,3	2645	84	28,2
3188	72	28	3188	84	28
3585	73	27,9	3585	85	27,8
4255	73	27,8	4255	85	27,7
4623	73	27,8	4623	86	27,7
5175	73	27,8	5175	86	27,7
5909	73	27,7	5909	86	27,6
6605	73	27,9	6605	86	27,8
7229	72	28	7229	86	27,9

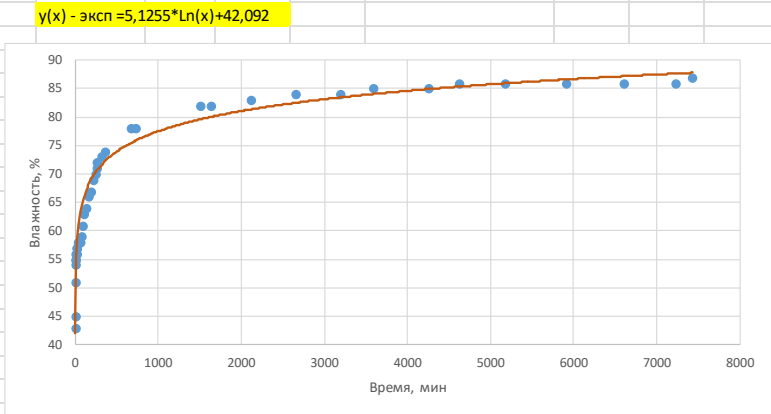
контрольная группа																
n	x	y	y(x) - контр	сумма(y(x)-y _i) ²	сумма(y _i -y _{ср}) ²	r _{xy} или R	t	t _{табл} (p=0,9)	значимость коэфф корр	F _{выч}	F _{табл}	значимость уравнения регрессии	средняя ошибка отклонения А, %			y ср
40	1	37	30,021	315,2113453	6397,5	0,97505	26,71982	1,6839	значим	733,2444	4,08	значимо	5,04			55,75
m	2	38	33,38983393													55,75
1	3	39	35,36047545													55,75
	7	41	39,47851251													55,75
	8	41	40,12750178													55,75
	9	42	40,69995089													55,75
	10	42	41,21202407													55,75
	14	43	42,84734643													55,75
	16	43	43,49633571													55,75
	21	44	44,81798795													55,75
	25	44	45,66538028													55,75
	33	45	47,01472605													55,75
	54	46	49,40826026													55,75
	68	47	50,52865135													55,75
	83	48	51,49744912													55,75
	102	49	52,49929287													55,75
	131	50	53,71543403													55,75
	160	51	54,68735978													55,75
	188	52	55,47115523													55,75
	221	53	56,25715036													55,75
	238	53	56,61732993													55,75
	252	54	56,89513125													55,75
	263	55	57,10278303													55,75
	316	56	57,99505831													55,75
	361	57	58,64212465													55,75
	665	61	61,61126497													55,75
	721	62	62,00422234													55,75
	1500	69	65,56471373													55,75
	1637	70	65,98949613													55,75
	2110	71	67,22312497													55,75
	2645	72	68,32144812													55,75
	3188	72	69,22895776													55,75
	3585	73	69,79937374													55,75
	4255	73	70,63210237													55,75
	4623	73	71,0352515													55,75
	5175	73	71,58346016													55,75
	5909	73	72,22810384													55,75
	6605	73	72,76928869													55,75
	7229	72	73,2080373													55,75
	7431	73	73,34198307													55,75



$y(x) - \text{экср} = 4,8602 * \ln(x) + 30,021$

Приложение Е

экспериментальная группа																														
n	x	y	y(x) - эксп	сумма(y(x)-y _i) ²	сумма(y _i -y _{ср}) ²	r _{xy} или R	t	t _{табл} (p=0,9)	значимость коэфф корр	F _{выч}	F _{табл}	значимость уравнения регрессии	средняя ошибка отклонения А,%					у ср												
40	1	43	42,092	158,6984343	6922,975	0,98847	39,71232	1,6839	значим	1619,692	4,08	значимо	2,88					69,225												
m	2	45	45,64472587															69,225												
1	3	51	47,72293729															69,225												
	7	54	52,06576247															69,225												
	8	55	52,75017762															69,225												
	9	55	53,35387457															69,225												
	10	56	53,89389989															69,225												
	14	56	55,61848834															69,225												
	16	57	56,3029035															69,225												
	21	57	57,69669975															69,225												
	25	57	58,59034804															69,225												
	33	58	60,01334951															69,225												
	54	58	62,53753773															69,225												
	68	59	63,71908674															69,225												
	83	61	64,74076754															69,225												
	102	63	65,79729815															69,225												
	131	64	67,07982388															69,225												
	160	66	68,10480339															69,225												
	188	67	68,93138328															69,225												
	221	69	69,76028293															69,225												
	238	70	70,14012334															69,225												
	252	71	70,43308879															69,225												
	263	72	70,65207549															69,225												
	316	73	71,59305672															69,225												
	361	74	72,27544398															69,225												
	665	78	75,40665848															69,225												
	721	78	75,8210659															69,225												
	1500	82	79,57591109															69,225												
	1637	82	80,02388077															69,225												
2110	83	81,32484876															69,225													
2645	84	82,48312523															69,225													
3188	84	83,4401724															69,225													
3585	85	84,04172524															69,225													
4255	85	84,91990939															69,225													
4623	86	85,34506491															69,225													
5175	86	85,92319822															69,225													
5909	86	86,60303056															69,225													
6605	86	87,17375665															69,225													
7229	86	87,63645489															69,225													
7431	87	87,77771226															69,225													
5,16042 суток																														



Результаты измерения яблок

Таблица 1 – Результаты измерения диаметра и веса

№ яблока	d, мм	вес, г	
1	52	167	
2	50	152	
3	55	159	
4	60	187	
5	55	144	
6	52	162	
7	50	144	
8	47	147	
9	45	147	
10	50	144	

Таблица 2 – Вычисления массы яблок

№	масса	кв массы	сркв массы	кв сред	диапазон	количество
1	167	27889	24291,3	24118,09	140-160	7
2	152	23104			160-180	2
3	159	25281			180-200	1
4	187	34969				
5	144	20736				
6	162	26244				
7	144	20736				
8	147	21609				
9	147	21609				
10	144	20736				
среднее	155,3		сигма	коэф вариации		
минимум	144		13,16	0,0847		
максимум	187					

Таблица 3 – Измерения «Размер яблок»

№	d, мм	кв диам	сркв диам	кв сред		диапазон	количество
1	52	2704	2679,2	2680,938		45-50	5
2	50	2500				50-55	4
3	55	3025				55-60	1
4	60	3600					
5	55	3025					
6	52	2704					
7	50	2500					
8	47	2209					
9	45	2025					
10	50	2500					
среднее	51,78						
min	45						
max	60						



Рисунок 1 - 02.02.2020 / 17:22



Рисунок 2 - 02.02.2020 / 17:23



Рисунок 3 - 02.02.2020 / 17:24

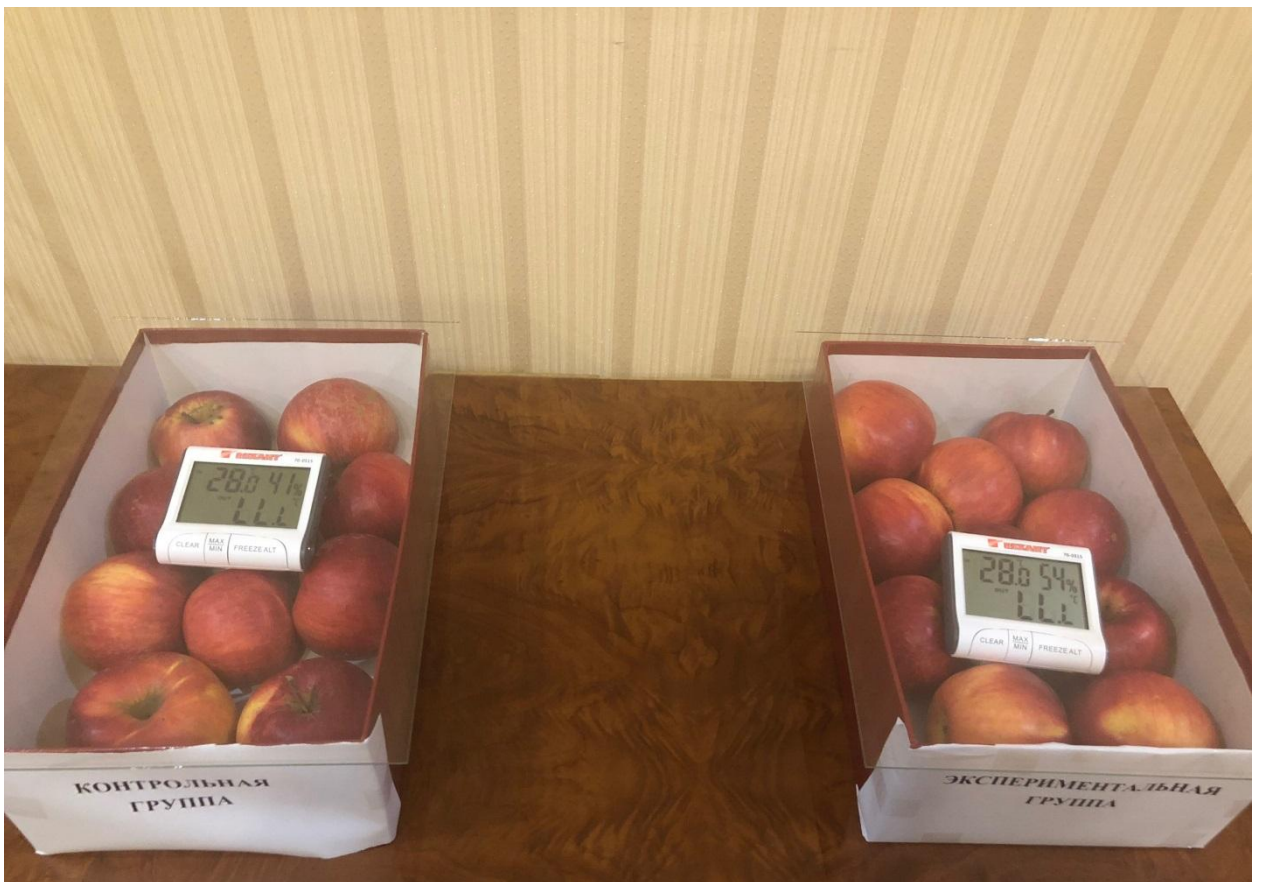


Рисунок 4 - 02.02.2020 / 17:27



Рисунок 5 - 02.02.2020 / 17:28



Рисунок 6 - 02.02.2020 / 17:29



Рисунок 7 - 02.02.2020 / 17:30



Рисунок 8 - 02.02.2020 / 17:34



Рисунок 9 - 02.02.2020 / 17:36



Рисунок 10 - 02.02.2020 / 17:41



Рисунок 11 - 02.02.2020 / 17:45



Рисунок 12 - 02.02.2020 / 17:53



Рисунок 13 - 02.02.2020 / 18:14



Рисунок 14 - 02.02.2020 / 18:28



Рисунок 15 - 02.02.2020 / 18:43



Рисунок 16 - 02.02.2020 / 19:02



Рисунок 17- 02.02.2020 / 19:31



Рисунок 18- 02.02.2020 / 20:00



Рисунок 19- 02.02.2020 / 20:28



Рисунок 20- 02.02.2020 / 21:01



Рисунок 21- 02.02.2020 / 21:18



Рисунок 22- 02.02.2020 / 21:41



Рисунок 23- 02.02.2020 / 22:25



Рисунок 24- 02.02.2020 / 23:18



Рисунок 25- 03.02.2020 / 00:03



Рисунок 26- 03.02.2020 / 05:07



Рисунок 27- 03.02.2020 / 05:03



Рисунок 28- 03.02.2020 / 19:02



Рисунок 29- 03.02.2020 / 21:19



Рисунок 30- 04.02.2020 / 05:12



Рисунок 31- 04.02.2020 / 14:17



Рисунок 32- 04.02.2020 / 23:22



Рисунок 33- 05.02.2020 / 05:59



Рисунок 34- 05.02.2020 / 17:11



Рисунок 35- 05.02.2020 / 23:25



Рисунок 36- 06.02.2020 / 08:45



Рисунок 37- 06.02.2020 / 21:08



Рисунок 38- 07.02.2020 / 08:44



Рисунок 39- 07.02.2020 / 18:52



Рисунок 40- 07.02.2020 / 22:14