

На правах рукописи



БЕЛЮ ЛЮДМИЛА ПЕТРОВНА

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

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань - 2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Симдянкин Аркадий Анатольевич

Официальные оппоненты: **Рябов Игорь Михайлович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», профессор кафедры «Автомобильные перевозки»
Голиков Алексей Анатольевич, кандидат технических наук, ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний» (Академия ФСИН России), доцент кафедры математики и информационных технологий управления

Ведущая организация: ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Защита диссертации состоится «24» декабря 2020 года в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.03 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте: www.rgatu.ru, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.minobrnauki.gov.ru>

Автореферат разослан «» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



И.А. Юхин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Перевозка сельскохозяйственной продукции осуществляется всеми видами транспорта. Важное место среди них занимает перевозка автомобильным транспортом. Однако использование данного вида транспорта при перевозке сельскохозяйственной продукции имеет ряд особенностей, которые заключаются в наличии дорожной инфраструктуры, состоянии дорожного покрытия, влиянии погодных-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. 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. 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., Борячев 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 исследования – оценка повреждения яблок в таре на основе учета ускорений плодов, возникающих при автомобильных перевозках.

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 следующих 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.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационного исследования, определен объект и предмет исследования, раскрываются основные научные положения, описывается научная и практическая значимость, сформулирована цель.

В первой главе – «Состояние вопроса, цель и задачи исследования» рассмотрены особенности использования автомобильного транспорта в сельском хозяйстве. На основании обобщения и анализа научно-производственного опыта сформулированы задачи исследований:

- 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.

Описаны сельскохозяйственные грузы и особенности их транспортировки в зависимости от погодных условий и дорожного покрытия. Проведен анализ факторов, влияющих на производственный процесс внутрихозяйственной перевозки сельскохозяйственной продукции.

Во второй главе – «Методы и модели, используемые для описания процессов транспортировки сельскохозяйственных грузов» проанализированы особенности транспортировки, уточнены показатели повреждений сельскохозяйственных грузов, критерии и ограничения внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов, а так же воздействие на них факторов внешней и внутренней среды.

Проанализирована возможность учета в математической модели, используемой для оптимизации перевозки грузов, дорожных и природно-климатических условий. Показана необходимость учета влияния 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 математическая модель, описывающая перевозку грузов от нескольких поставщиков к нескольким потребителям будет выглядеть следующим образом:

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

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

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 повреждений плодоовощной продукции в зависимости от погоды и времени года.

В третьей главе – «Общая и частные методики исследования» была подробно изложена методика проведения исследования. Общая методика исследования базируется на российских и межгосударственных стандартах и технических условиях относительно правил приемки, методов определения качества, упаковки, транспортировки, которые распространяются на плодоовощную продукцию вообще и яблоки в частности. Ключевыми из которых являются: Межгосударственный стандарт ГОСТ 16270-70, ГОСТ 10131-93, ГОСТ 10131-93.

Изложены этапы применения экономико-математических моделей при формировании концепции учета изменения тарифа грузоперевозки под влиянием погодных условий.

Подробно описана методика исследования оценки ускорений при перевозке сельскохозяйственных грузов.

Описана программа методика оценки сохраняемости яблок после их транспортировки в кузове автомобиля. Описаны основные параметры, технические средства, используемые в процессе проведения экспериментов.

В четвертой главе – «Экспериментальные исследования процесса грузоперевозки яблок на дорогах с различным покрытием с оценкой экономического эффекта разработанных предложений» по вышеописанным методикам проведены экспериментальные исследования.

Экспериментальные исследования оценки ускорений при перевозках сельскохозяйственных грузов на разных типах дорог проводилась 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. Результаты измерений ускорения для типовых участков трех дорог по каждой из осей координат x,y,z (последовательно) представлены на рисунках 1–3.

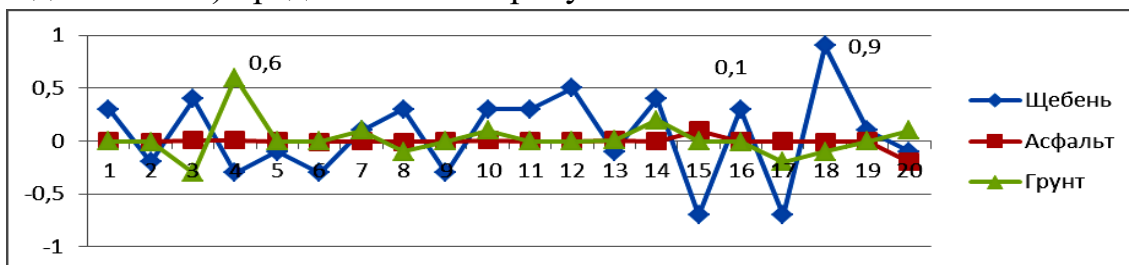


Рисунок 1 – Значения ускорений по оси x (вдоль продольной оси автомобиля)

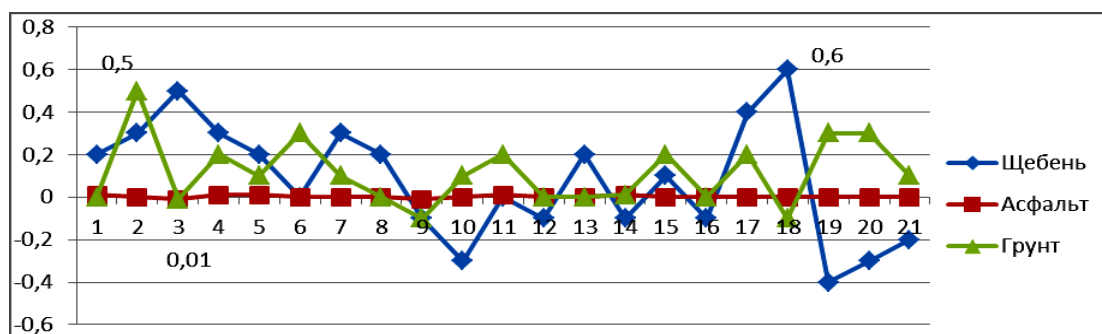


Рисунок 2 – Значения ускорений по оси y (перпендикулярно продольной оси автомобиля)

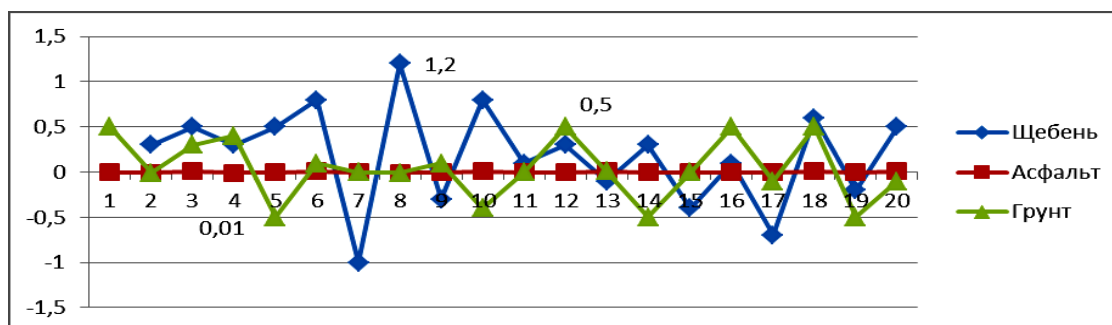


Рисунок 3 – Значения ускорений по оси z (вертикально по отношению к днищу кузова автомобиля)

Используя полученные результаты, следует установить допустимые значения ускорений, в данном случае для яблок, в пределах $0,7...1,0 \text{ м/с}^2$, 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, находящимся в неудовлетворительном состоянии.

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 4-8).

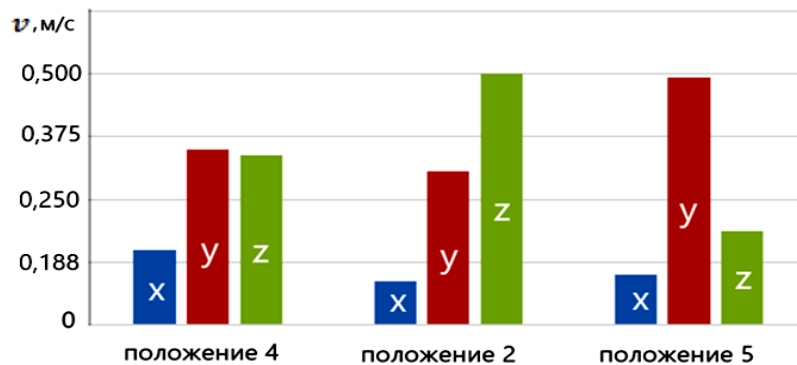


Рисунок 4 - Изменение скорости колебаний яблок в ящике в зависимости от его положения в кузове автомобиля, движущегося со скоростью 50 км/ч по асфальту: x, y, z – оси декартовой системы координат

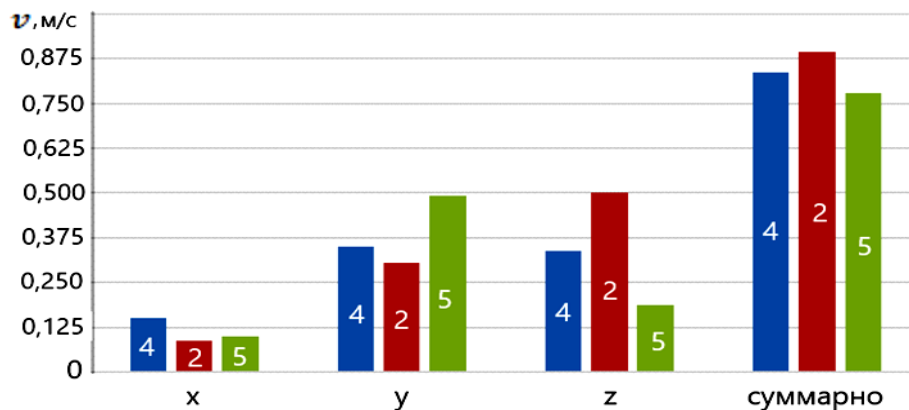


Рисунок 5 - Изменение скорости перемещения яблок в различных направлениях (x, y, z) в зависимости от положения (2, 4, 5) ящика в кузове автомобиля при его движении со скоростью 50 км/ч по асфальту: 2, 4, 5 – положения ящика в кузове автомобиля

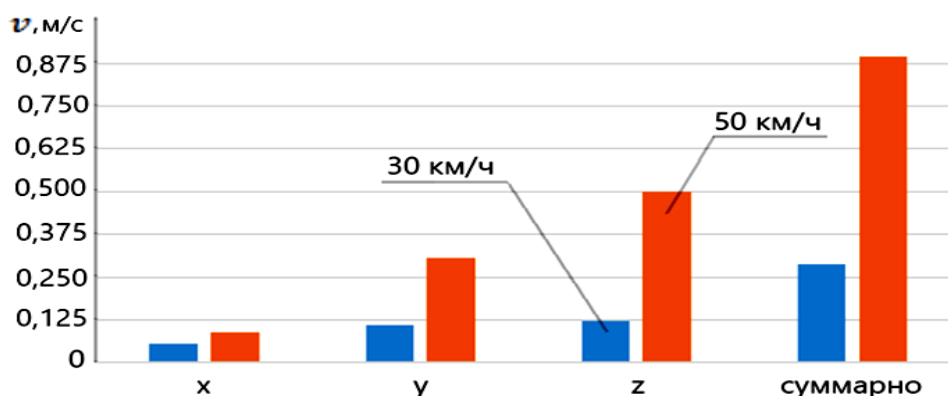


Рисунок 6 - Изменение скорости перемещения яблок в различных направлениях в положении 2 ящика при изменении скорости автомобиля с 30 км/ч до 50 км/ч на асфальтовом покрытии: x, y, z – оси декартовой системы координат

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, находящимся в «среднестатистически плохом» состоянии в этот период.

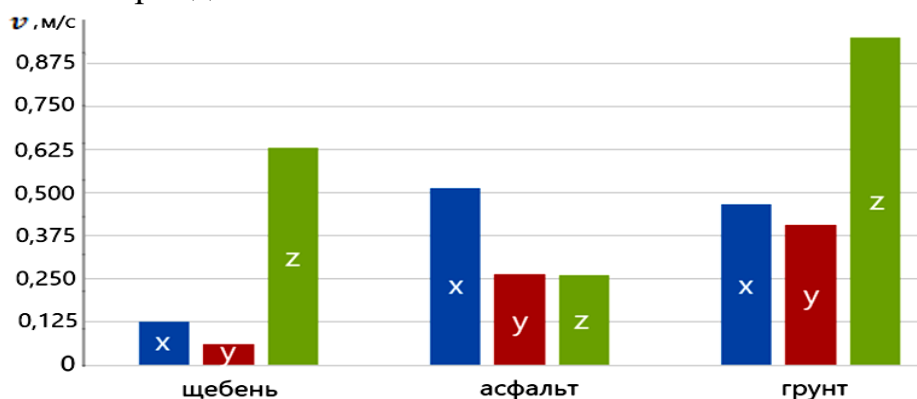


Рисунок 7 - Изменение скорости перемещения яблок в различных направлениях в положении 4 ящика на различных покрытиях при скорости автомобиля 20 км/ч

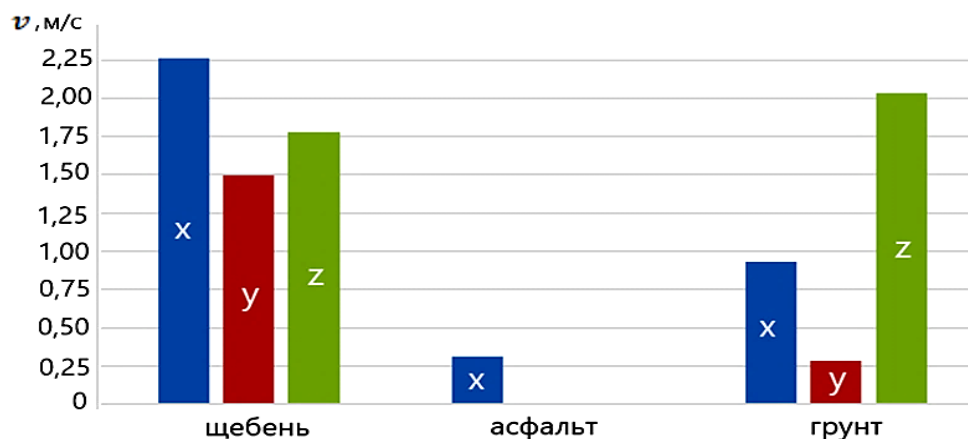


Рисунок 8 - Изменение скорости перемещения яблок в различных направлениях в положении 5 ящика на различных покрытиях при скорости автомобиля 20 км/ч

Была проведена оценка сохраняемости яблок после их транспортировки в кузове автомобиля. 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 (рисунок 9). Результаты измерения массы и диаметра плодов показали соответствие выбранной группы плодов основным показателям сорта «Айдаред».

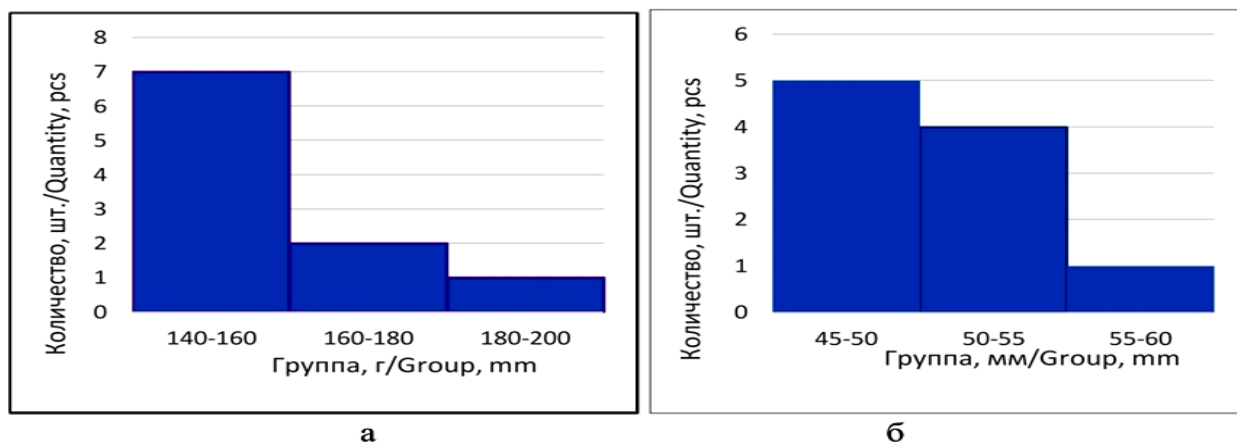


Рисунок 9 – Результаты измерения масс (а) и диаметров (б) плодов

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 10 приведены фотографии коробок с яблоками в начале эксперимента (а) и в конце эксперимента (б).



Рисунок 10 - Фото яблок в начале и в конце эксперимента

Измерения температуры в заполненных плодами коробках экспериментальной и контрольной групп, проводимые в течение более чем 120 часов, показали также несущественные колебания величины в пределах $0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (рисунок 11). Такое малое изменение температуры в пустых и заполненных коробках, вероятно, определяется колебаниями температуры в помещении.

Результаты измерения относительной влажности в заполненных плодами коробках – экспериментальной и контрольной – приведены на рисунке 12.

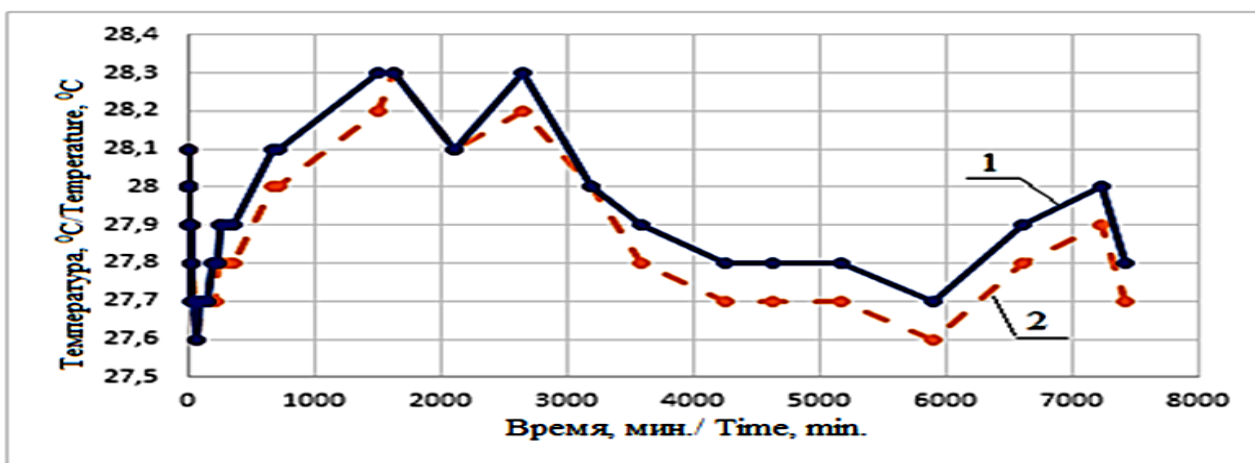


Рисунок 11 – Результаты измерения температуры в наполненных плодами ящиках:
1 – контрольная группа; 2 – экспериментальная группа

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:

для контрольной группы:

$$\varphi_{\text{конт}} = 4,8602 \cdot \ln(t) + 30,021, \quad (2)$$

где t – время, мин.

Для экспериментальной группы (обозначения те же):

$$\varphi_{\text{эксп}} = 5,1255 \cdot \ln(t) + 42,092. \quad (3)$$

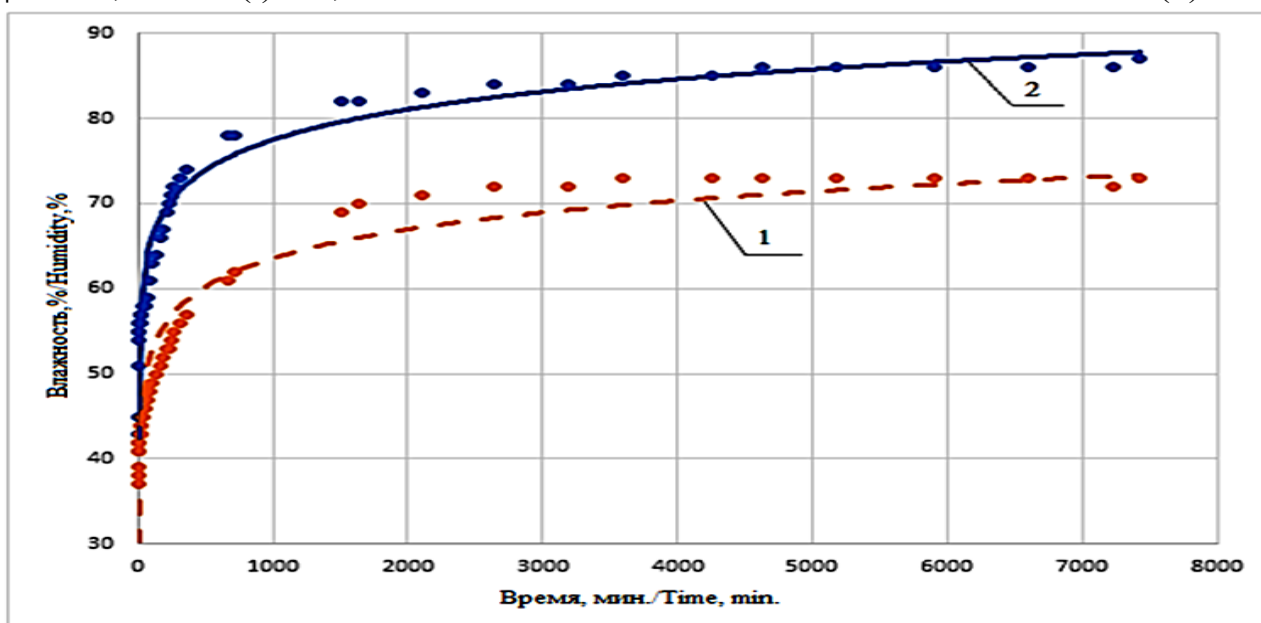


Рисунок 12 – Изменение влажности в ящиках с плодами: 1 – контрольная группа;
2 – экспериментальная группа

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.

Таким образом, по результатам экспериментальных исследований можно констатировать следующее:

- 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.

По результатам оценки сохраняемости яблок после их транспортировки в кузове автомобиля 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 13).

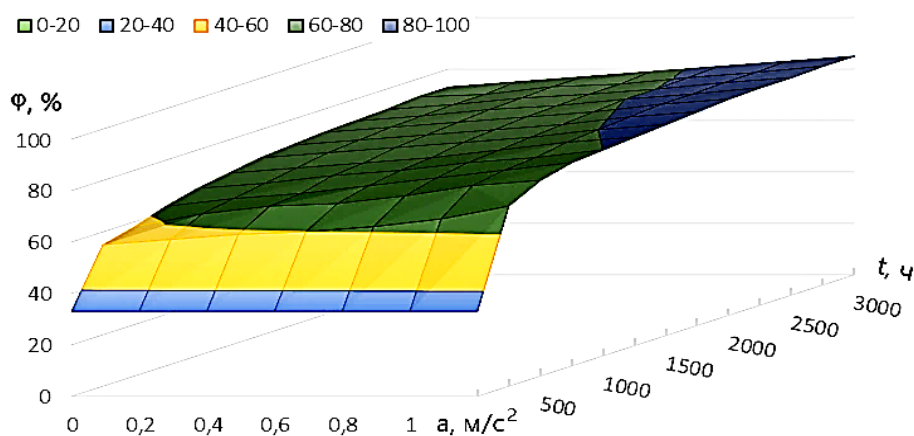


Рисунок 13 – Номограмма определения влажности яблок от времени их хранения и ускорения колебаний

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

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. Так как 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 рисунке 14.

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.

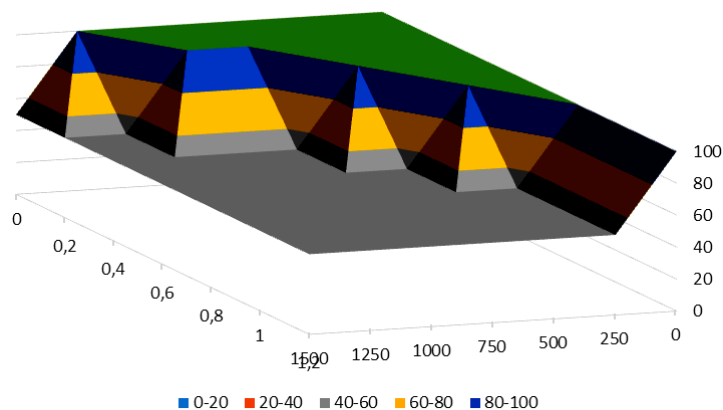


Рисунок 14 – Номограмма переоценивания (снижения сортности) яблок в зависимости от ускорений и времени последующего хранения

Для определения тарифа и осуществления грузоперевозок был выбран автомобиль ЗИЛ-5301 «Бычок» как наиболее часто используемый для транспортировки сельскохозяйственной продукции. Были проведены расчеты тарифов транспортировки сельскохозяйственных грузов.

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

Таблица 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
	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 MS Excel с помощью опции «Поиск решения» – стоимость перевозки составила 3334 рубля.

В результате исследования было установлено, что существенно зависят от погодных условий и сезона маршруты, полностью проходящие по грунтовым дорогам и пересекающие овраг.

Следовательно, для данных маршрутов могут быть введены увеличивающие весовые коэффициенты вплоть до запретительных. Уточненная транспортная таблица 1 принимает следующий вид (таблица 2).

Таблица 2 – Транспортная таблица для различных погодных условий

	Потребители			
	<i>B₁</i> (магазин 4)	<i>B₂</i> (склад 5)	<i>B₃</i> (минизавод 6)	<i>Запасы</i>
<i>A₁</i> (участок 1)	151,6	49,8	348	40
<i>A₂</i> (участок 2)	78,8	68,4	45,6	30
<i>A₃</i> (участок 3)	22,8	57,6	94	20
<i>Потребности</i>	15	40	35	90

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 (рисунок 15).

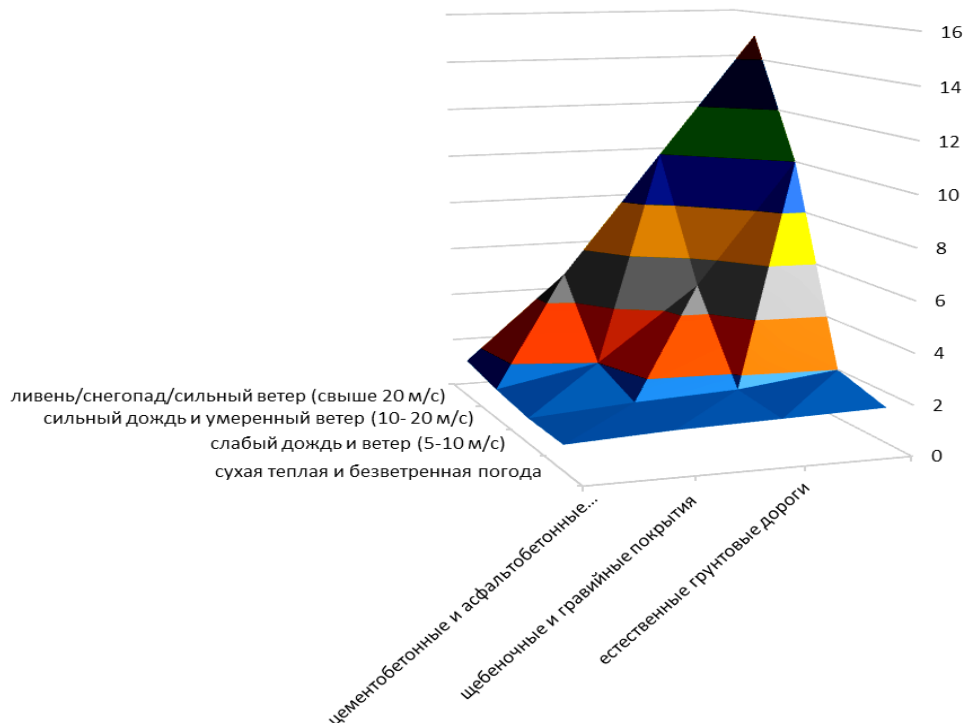


Рисунок 15– Номограмма определения тарифа перевозок от погодных условий и состояния дорожного покрытия

Таким образом, учитывая, что за одну поездку транспортируется 2500 кг, то установление нового тарифа увеличивает стоимость перевозки на 838 рублей ($4172 - 3334 = 838$ руб. за 2500 кг) за весь груз. Однако, если 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, погодные-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 привлечь внимание к обеспечению 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 $0,7 \dots 1,2 \text{ м/с}^2$, 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.

Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:

Статьи в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. 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.

2. 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

Патент

3. 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.

Статья в журналах, входящих в базу Scopus и WoS

4. 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

5. 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.

6. 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.

Статьи в материалах конференций и других изданиях

7. 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.

8. 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

9. 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.

10. 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.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 1458 подписано в печать 23.10.2020 г.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1
Отпечатано в издательстве учебной литературы
и учебно-методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1*