

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»

На правах рукописи

Б.П. Трофимов

ТРОФИМОВ БОРИС СЕРГЕЕВИЧ

МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ
РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Специальность 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор Витвицкий Е.Е.

Омск - 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В МАЛОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ.....	9
1.1 Практика перевозок грузов в малой автотранспортной системе.....	9
1.2 Современное состояние теории грузовых перевозок в области оперативного планирования.....	14
Выводы по первой главе.....	22
2 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СРЕДНЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ И ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПОД ПОГРУЗКОЙ-ВЫГРУЗКОЙ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАЛОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	24
2.1 Общая методика исследований.....	24
2.2 Исследование влияния средней технической скорости на результаты функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств.....	31
2.3 Исследование влияния времени простоя под погрузкой-выгрузкой на результаты функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств.....	58
Выводы по второй главе	69
3 РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАЛОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	71
3.1 Модель функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств.....	72
3.2 Программно-математическое обеспечение модели функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств.....	87

Выводы по третьей главе.....	97
4 МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В МАЛОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ЕЁ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА.....	98
4.1 Методика оперативного планирования перевозок грузов в малой автотранспортной системы с учетом неравномерности работы автотранспортных средств.....	98
4.2 Экспериментальная проверка разработанной методики оперативного планирования перевозок грузов в малой автотранспортной системе перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств.....	100
4.3 Экономическая оценка применения разработанной методики в практике оперативного планирования.....	103
Выводы по четвертой главе.....	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	108
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Дополнительные данные экспериментальных исследований.....	120
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Результаты анализа практики перевозок грузов в малой автотранспортной системе.....	123
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Результаты расчета выработки в тоннах и тонно- километрах при перевозке груза автотранспортными средствами по методике В.И. Николина.....	124
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Результаты выполненной экспериментальной проверки разработанной методики.....	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Справки о внедрении результатов научных исследований.....	138
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.....	141

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Достижение главных целевых ориентиров Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года должно быть обеспечено эффективной работой автомобильного транспорта, которая в оперативном планировании предполагает учёт выработки в тоннах и тонно-километрах.

Исследование практики показало, что существует множество автотранспортных систем перевозок грузов (АТСПГ), отличающихся друг от друга особенностями учёта выработки в тоннах и тонно-километрах, и это отражено в классификации и моделях функционирования АТСПГ, разработанных в СибАДИ. На практике в городских условиях эксплуатации грузы перевозятся, в основном, на маятниковых и кольцевых маршрутах автотранспортными средствами (АТС), **что согласно классификации соответствует условиям функционирования малой АТСПГ.** В таких АТСПГ наблюдается неравномерность работы АТС, под которой следует понимать величину отклонения выработки в тоннах и тонно-километрах, возникающую ежедневно в зависимости от влияния таких факторов, как средняя техническая скорость и время простоя под погрузкой-выгрузкой. Неравномерность работы АТС влияет на выполнение плана перевозок и в конечном итоге приводит к снижению прибыли. Обзор состояния теории грузовых автомобильных перевозок показал, что для малой АТСПГ имеются теоретические и методические решения для определения выработки в тоннах и тонно-километрах, но без учета неравномерности работы АТС.

Настоящее диссертационное исследование определяется требованиями паспорта научной специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, **п. 2 – Оптимизация планирования, организации и управления перевозками пассажиров и грузов, технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей путем использования программно-целевых и логистических принципов.**

Степень разработанности темы исследования. Существенный вклад в разработку теоретических положений грузовых автомобильных перевозок внесли отечественные ученые, такие как П.В. Каниовский, С.Р. Лейдерман, Л.Л. Афанасьев, С.М. Цукерберг, В.А. Гудков, А.В. Вельможин, Л.Б. Миротин, С.М. Резер, Б.Л. Геронимус, В.И. Николин, В.И. Рассоха, И.Е. Агуреев и др. Вопросам учёта вероятностных факторов в теории грузовых автомобильных перевозок посвятили свои работы ученые, С. М. Резер, В. Н. Луканин, О. П. Гуджоян, А. В. Ефремов, Б. П. Безель, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, В.А. Гудков, В.И. Николин и др.

Цель диссертационного исследования – обеспечение выполнения плана перевозок грузов в малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС за счет разработки методики оперативного планирования.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

1. Подтвердить необходимость учета неравномерности работы АТС в малой АТСПГ при оперативном планировании перевозок грузов.
2. Выявить зависимости влияния средней технической скорости АТС и времени простоя его под погрузкой-выгрузкой на результаты функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.
3. Разработать модель функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС и её программно-математическое обеспечение.
4. Разработать методику оперативного планирования перевозок грузов в малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.
5. Выполнить экспериментальную проверку разработанной методики и дать экономическую оценку применения её в практике оперативного планирования.

Объектом исследования является процесс перевозок грузов в малой АТСПГ.

Предметом исследования являются закономерности процесса перевозок грузов в малой АТСПГ.

Научная новизна:

1. Подтверждена необходимость учета неравномерности работы АТС в малой АТСПГ при оперативном планировании перевозок грузов.
2. Установлены зависимости влияния средней технической скорости и времени простоя под погрузкой-выгрузкой АТС на результаты функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.
3. Разработана модель функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.
4. Разработана методика оперативного планирования перевозок грузов в малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.

Теоретическая и практическая значимость работы:

- выявлены зависимости влияния средней технической скорости и времени простоя под погрузкой-выгрузкой АТС на результаты функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС;
- разработана модель функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС и методика оперативного планирования перевозок грузов в малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС;
- предложено программно-математическое обеспечение для практического использования разработанной модели в методике оперативного планирования;
- выполнена экспериментальная проверка разработанной методики и дана экономическая оценка применения её в практике оперативного планирования.

Методология и методы исследования основываются на теории грузовых автомобильных перевозок, изложенной в научных трудах, положениях теории вероятностей и математической статистики, системном анализе, изучении производственного опыта. Методы исследования: наблюдение, сравнение, эксперимент, анализ, синтез, моделирование.

Положения, выносимые на защиту:

1. Зависимости влияния средней технической скорости и времени простоя под погрузкой-выгрузкой АТС на результаты функционирования малой АТСПГ с учётом неравномерности работы АТС.
2. Модель функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.
3. Методика оперативного планирования перевозок грузов в малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.

Степень достоверности обеспечивается достаточным числом наблюдений исследуемых факторов; корректностью применения апробированного математического аппарата теории вероятностей и математической статистики; определением параметров функционирования малой АТСПГ с вероятностью 0,95; обоснованным объемом экспериментальных исследований, проведенных непосредственно при перевозке грузов в малой АТСПГ.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертации доложены, обсуждены и одобрены на VII Всероссийской научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (с международным участием) (г. Омск, 2012 г.); 66-й Всероссийской научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «СибАДИ» «Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России» (с международным участием) (г. Омск, 2012 г.); Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки (г. Омск, 2012 г.); Всероссийском конкурсе молодых ученых «Итоги диссертационных исследований» РАН (г. Москва, 2012 г.); 67-й научно-практической конференции «Теория, методы проектирования машин и процессов в строительстве» (г. Омск, 2013 г.); Международной научно-практической конференции «Инновационное лидерство строительной и транспортной отрасли глазами молодых ученых» (г. Омск, 2014 г.);

Международной научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет» «Проектирование и управление автомобильными дорогами: реформирование учебных программ в Российской Федерации. Разработка и внедрение магистерских программ в России» (г. Оренбург, 2014 г.).

Реализация результатов работы. Результаты работы приняты к использованию в ООО «Бенар-Авто», ООО «Газавтосервис», а также используются в учебном процессе при подготовке магистрантов направления «Организация и управление транспортными процессами» на кафедре «ОПиУТ» ФГБОУ ВПО «СибАДИ», что подтверждается справками о внедрении.

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 13 печатных работ, из них 4 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 госбюджетный отчет.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы 141 страница, включая 36 рисунков, 24 таблицы и 6 приложений.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В МАЛОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

На практике перевозка грузов в городах на маятниковых, кольцевых или радиальных маршрутах выполняется одним или несколькими АТС. В трудах [61,63 и др.] доказано, что работа несколькими АТС на радиальных маршрутах в развозочно-сборных автотранспортных системах представляет самостоятельную научную область исследования [19]. Функционирование одного АТС на маятниковых и кольцевых маршрутах было рассмотрено в работах [86, 87]. Исследований работы АТС в малой АТСПГ с учётом неравномерности ($S_{\text{мал}}^{\Delta}$) выработки в тоннах (Q) и выработки в тонно-километрах (P) в литературных источниках не встречалось.

1.1 Практика перевозок грузов в малой автотранспортной системе

Согласно работам [22, 44, 46, 54, 57, 61, 81, 94 и др.] сегодня на практике АТС в городских условиях эксплуатации перевозятся следующие грузы:

- навалочно-насыпные;
- штучно-тарные (сборный железобетон, кирпич (на поддонах), изделия, детали, пачки пиломатериалов и др.) [32];
- наливно-полужидкие (раствор, товарный бетон, цемент в цистернах, молоко и мука в цистернах и др.).

Основная задача автотранспортного предприятия (АТП) состоит в удовлетворении потребностей в перевозках грузов, которые определены в договорах или заявках на перевозку. Численно потребности в договорах или заявках выражены в объемах перевозок в тоннах и тоннах-километрах, величины которых указываются в оперативных планах. Практика оперативного планирования перевозок в АТП предполагает:

- составление сменно-суточного плана перевозок грузов (грузовая карта) в целом по АТП;
- разработку маршрутов перевозок и составление плановых заданий по перевозкам грузов для каждого водителя;
- планирование и организацию выпуска автомобилей на линию;
- прием и обработку путевых листов, по которым осуществляется оперативный анализ выполнения сменно-суточного плана.

В современных условиях на предприятиях ООО НПО «Мостовик», ТД ООО «Шкуренко», ООО «Газавтосервис», ООО «Бенар-Авто» оперативный план перевозок представляет собой определенную часть месячного плана АТП, детализированную по каждому грузовладельцу и каждому маршруту с учетом конкретных особенностей перевозки на предстоящие сутки.

Составление оперативного плана перевозок, как правило, начинается с приема заявок (заказов) на перевозку грузов от предприятий и организаций отправителей и получателей грузов. При договорных отношениях между перевозчиком и клиентом последний подает на АТП заявку, при разовых перевозках подается заказ [33, 70, 83]. Заявки (заказы) в установленном порядке поступают в грузовую группу и регистрируются по мере их поступления в специальном журнале.

Оперативный план перевозок является важным документом системы оперативного планирования, в нем отражается весь план перевозок АТП на календарные сутки. Он составляется с учетом факторов, влияющих на выработку АТС, он же служит основой для разработки графика выпуска АТС на линию согласно правилам дорожного движения и техники безопасности [53, 54, 71].

В настоящее время оперативный план перевозок грузов для АТС составляется на основе ранее разработанных методик [2, 24, 63 и др.].

Рассмотрим в качестве примера несколько методик для расчета Q и P , которые используются в практике работы АТП для разработки оперативного

плана перевозок грузов на маятниковых и кольцевых маршрутах. Согласно работам [2, 3] суточная выработка одного АТС Q_d , в тоннах:

$$Q_d = \frac{q\gamma \cdot \beta \cdot V_T \cdot T_n}{l_{ze} + \beta \cdot V_T \cdot t_{nb}}; \quad (1)$$

где l_{ze} – средняя длина груженой ездки; V_T – среднетехническая скорость; $q\gamma$ – средняя фактическая загрузка транспортных средств; t_{nb} – среднее время погрузки-выгрузки одного автомобиля; T_n – плановое время работы; β – коэффициент использования пробега.

Время ездки одного автомобиля, ч:

$$t_e = \frac{l_{ze}}{V_T} + t_{nb}. \quad (2)$$

$$P_{od} = Q_d \cdot l_{ze}, \quad (3)$$

где P_{od} – выработка одного автомобиля в тонно-километрах.

Если автомобиль работает с постоянной загрузкой ($q\gamma = \text{const}$) и длина ездки с грузом не меняется ($l_{ze} = \text{const}$), то выработка одного автомобиля Q_d , составит:

$$Q_d = q\gamma \cdot Z_e. \quad (4)$$

Потребное количество АТС для выполнения Q_{nl} :

$$A_{\text{э}} = \frac{Q_{nl}}{Q_d}, \quad (5)$$

$A_{\text{э}}$ – количество АТС необходимых для перевозки планового объема груза, ед.

Применяемые при этом математические модели позволяют планировать Q и P с учетом количества перевезенных тонн, которую может выполнить один АТС, формула (1). Каждый следующий АТС, согласно формуле (1), будет работать с теми же показателями, что и первый. При этом такие величины, как V_T и t_{nb} для каждого определенного вида груза, принимаются в виде средних величин.

Выработка в тонно-километрах, формула (3), представляет собой произведение величины перевезенных тонн на длину груженой ездки. Если в результате расчета по формуле (5) получается дробное значение количества АТС, то на практике в любом случае планируют к перевозке дополнительное АТС. Как видно из формул (1), (2), (3), (4) данная методика основывается на постоянных (детерминированных) значениях V_T и $t_{нв}$, которые применяются для расчета Q и P одного АТС, и результаты распространяются на все АТС. Как видно из формул (1)–(5) для расчетов значений $(V_T, t_{нв})$, характеризующих работу АТС, применяют средние величины.

Использование представленной методики не позволяет учитывать реальные условия протекания автотранспортного процесса, потому что V_T и $t_{нв}$ являются величинами переменными, зависящими от целого ряда факторов [90].

В практике работы ООО «Газавтосервис», ООО «Бенар-Авто» для оперативного планирования Q и P используется методика, представленная в работе В.И. Николина [63]. Согласно данной методике длина маршрута l_M определяется:

$$l_M = l_{ze} + l_x, \quad (6)$$

где l_x – длина холостого пробега, км.

Время ездки, оборота, ч:

$$t_{e,o} = \left(\frac{l_M}{V_T}\right) + t_{нв}. \quad (7)$$

Ритм работы малой АТСПГ

$$R = R_{\max} \{R_{nj}; R_{ej}\}. \quad (8)$$

где R_{nj} , R_{ej} – ритмы работы соответственно погрузочного и разгрузочного пунктов на j -м звене; $R_{\max}$ – максимальная по времени операция.

Пропускная способность малой АТСПГ

$$A_{\mathcal{O}}' = \frac{t_o}{R}. \quad (9)$$

Поскольку АТС дробными быть не могут, получившиеся число округляют в меньшую сторону, тем самым планируя работу АТС без простоев (простаивать будут некоторое время пункты погрузки и выгрузки). Если округлить в большую сторону, то простаивать будут АТС, а грузовые пункты простаивать не будут.

$$T_{Mi} = T_H - R \cdot (i - 1), \quad (10)$$

где i – порядковый номер прибытия автомобиля в пункт погрузки;

T_{Mi} – возможное время работы каждого автомобиля, ч.

Число ездов каждого автомобиля за время в наряде, ед.:

$$Z_{ei} = \left[\frac{T_{Mi}}{t_{e,o}} \right] + Z'_{ei}, \quad (11)$$

где Z'_{ei} – дополнительное число ездов, ед.

Проверка возможности исполнения ездки на последнем обороте, ч:

$$\Delta T_H = T_{Mi} - \left[\frac{T_{Mi}}{t_{e,o}} \right] \cdot t_{e,o}. \quad (12)$$

Время ездки необходимое (погрузка + перевозка груза + выгрузка), ч:

$$t_{en} = \left(\frac{l_{ze}}{V_T} \right) + t_{ng}. \quad (13)$$

Выработка в тоннах каждого автомобиля за время в наряде

$$Q_{Hi} = \sum_1^{Z_{ei}} q \cdot \gamma \cdot i. \quad (14)$$

Выработка в тонно-километрах каждого автомобиля за время в наряде

$$P_{Hi} = \sum_1^{Z_{ei}} q \cdot \gamma \cdot l_{ze}. \quad (15)$$

Данная методика основывается на постоянных (детерминированных) значениях V_T и t_{ng} АТС, которые применяются для расчета Q и P . Выпуск

АТС на линию планируют по среднему ритму погрузки или выгрузки, заданному при постоянном значении $t_{нс}$. Через среднее значение ритма рассчитывается время работы каждого АТС, формула (10), и количество сделанных ездов, формула (11). По этим полученным средним значениям рассчитывается Q и P .

Вышеприведенные методики основаны на средних значениях V_T , $t_{нс}$ АТС и не учитывают множества различных факторов, которые влияют на работу АТС. В результате наблюдается неравномерность выработки АТС, что отмечено в работах [17, 18, 23, 25, 26, 65, 86, 88 и др.].

В расписании работы АТС, построенном по результатам практики перевозок грузов, наблюдаются разные величины времени выполнения каждой ездки, определяющие изменения выработки в тоннах и тонно-километрах, которые возникают ежедневно в зависимости от влияния таких факторов, как V_T и $t_{нс}$, что не учитывается в расписании, построенном с использованием ранее разработанных методик (приложение Б, рисунки 1, 2). В этом заключается необходимость учета неравномерности работы АТС в малой АТСПГ при оперативном планировании перевозок грузов.

1.2 Современное состояние теории грузовых перевозок в области оперативного планирования

Существенный вклад в разработку теоретических положений грузовых автомобильных перевозок внесли отечественные ученые П.В. Каниовский [43, 44], С.Р. Лейдерман [50, 51, 52, 53], Л.Л. Афанасьев [2, 3], С.М. Цукерберг [91], В.И. Николин [62, 63, 64, 66], В.А. Гудков [35], Б.Л. Геронимус [29], Л.Б. Миротин [6] В.И. Рассоха [73], И.Е. Агуреев [1] и другие.

Как отмечают многие ученые [2, 3, 14, 31, 63 и др.], одним из первых исследований по теории грузовых автомобильных перевозок была работа С.Р. Лейдермана опубликованная в 1932 г. [50], в которой особое внимание

уделялось вопросам планирования величин технико-эксплуатационных показателей работы автомобиля.

Формула определения производительности перевозки груза стала основой для формулирования теории автомобильных грузовых перевозок:

$$P = \frac{q \cdot \gamma}{\frac{1}{V_T \cdot \beta} + \frac{t_{np}}{l_T}}, \quad (16)$$

где P – часовая производительность автомобиля, т·км/ч; q – номинальная грузоподъемность автомобиля, т; γ – коэффициент использования грузоподъемности; V_T – техническая скорость, км/ч; β – коэффициент использования пробега; t_{np} – время погрузки-разгрузки, ч; l_T – расстояние перевозки груза.

С.Р. Лейдерман указывал, что значения, входящие в формулу (16), должны быть различны, иначе Q и P АТС будут определяться как средние [50].

Д.П. Великанов [13] на основании формулы (16) предложил определять производительность среднюю за год с учётом «исключения влияния сезонных и суточных колебаний производительности» (т.е. без учета неравномерности работы АТС) и на основании формулы (17) установил, что величина производительности грузового автомобиля или автопоезда определяется параметрами двух видов: не зависящих от конструкции автомобиля l, β, T_c и зависящих от нее $q, \gamma, V_T, \alpha, t_{np}$.

$$W_T = \frac{q \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_T \cdot T_c \cdot 365 \cdot \alpha \cdot l}{l + \beta \cdot V_T \cdot t_{np}}, \quad (17)$$

где T_c – время в наряде; α – коэффициент использования автомобиля или автопоезда; t_{np} – время выполнения погрузочно-разгрузочных работ за одну

ездку, включающее связанные с ними затраты времени на оформление груза, ожидание, маневрирование и пр., ч.

Ранее П.В. Каниовский [43, 44], С.Р. Лейдерман [50, 51, 52, 53], Л.Л. Афанасьев [2, 3], С.М. Цукерберг [91] предложили формулы для расчёта производительности одного автомобиля. см. формулы (1),(2),(3), применительно к исследуемым условиям, а по мнению В.И. Николина [63], – функционирование некой усредненной АТСПГ. Данные формулы предлагают использовать и в настоящее время для оперативного планирования перевозок грузов, как показано в подразделе 1.1.

В работах [2, 43, 84, 93] было указано, что существующие системы и методы измерения работы АТС не являются совершенными и нуждаются в изучении с целью их практического применения.

Был сделан вывод, что грузовой автомобильный транспорт относится к областям производства, работающим в условиях сильных возмущений. Более зависящим от случая является, пожалуй, лишь сельское хозяйство [58]. При исследовании процессов перевозок грузов следует считаться, по мнению В.Н. Луканина [58], с их статистическими свойствами, а при планировании необходимо учитывать фактор случайности. В моделях перевозочного процесса кроме плановых или нормативных показателей приходится иметь дело со случайными величинами и случайными событиями [58].

Вопросами учета неравномерности работы АТС (в том числе вероятностных факторов) в теории грузовых автомобильных перевозок занимались отечественные ученые С. М. Резер, В. Н. Луканин, О. П. Гуджоян, А. В. Ефремов, Б. П. Безель, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, В.А. Гудков, А.В. Куликов, Д.П. Брунштейн, Ш.А. Бутаев, Ф.Р. Мурзаев, Е.Е. Баубеков, Д.П. Гронин, С.А. Кашеев, С.А. Васильев и др. [5, 9, 14, 35, 36, 37, 38, 39, 48, 74, 75 и др.].

А.И. Воркут [27] с соавторами сформулировали вопросы влияния вероятностных факторов применительно к задаче составления комплексного

оперативно-календарного графика поставок и перевозок. Составной частью задачи является разработка развозочных маршрутов с применением известных математических методов [27].

Совершенствованию совместной работы железнодорожного и автомобильного транспорта при влиянии вероятностных факторов посвящены работы, где объектом исследования являются контейнерная площадка грузовой станции и грузовые машины; перевозка нерудных строительных материалов с речных причалов к заводам железобетонных изделий [74]; принципы оперативного прогнозирования объемов перевозок взаимодействующих видов транспорта в перевалочном пункте (на примере грузовой станции Ростов-Товарный Северо-Кавказской железной дороги) [7].

Совершенствованию и разработке новых подходов при влиянии вероятностных факторов посвящены работы [36, 37, 39, 97, 98, 99, 100], где акцентируется внимание на решении поставленной задачи как системы массового обслуживания [42], в том числе:

- решение данного вопроса через представление как системы многофазового массового обслуживания дискретного типа с конечным множеством состояний, а также на системном представлении циклов перевозочного процесса. Суть её заключается в разложении систем на ряд подсистем, связанных с определёнными звеньями и элементами транспортного процесса, для нахождения параметров каждой выделенной подсистемы с использованием стохастической аппроксимации [35];

- определение оптимального режима функционирования транспорта в производственно-транспортной системе дорожного строительства. За критерий оптимальности принят минимум суммарных потерь, связанных с простоями компонентов, входящих в систему [46];

- погрузочный пункт рассмотрен как система массового обслуживания, в которой очереди при погрузочно-разгрузочных работах на перевозке грузов рассмотрены как случайные события потока требований [49, 51, 62, 64, 92, 95, 96];

- приемные пункты рассматриваются как системы массового обслуживания, в которых, как показывают исследования, протекает марковский случайный процесс [49];
- организация заготовительно-транспортных работ на строительстве дорог [42];
- работа комбайна по уборке тростника [75];
- А.И. Воркут рассмотрел примеры решения задач по системам массового обслуживания и применения в них для расчета положений теории вероятностей [27].

Совершенствованию и разработке новых подходов при влиянии вероятностных факторов посвящены также работы [1, 5, 6, 11, 14, 38, 45, 73]:

1) развитие теории и методологии управления автотранспортных систем на основе ситуационного подхода, включая системный анализ и обоснование выбора объектов управления [73];

2) экономическое решение как обобщение процесса и показателей автотранспортного обслуживания грузопунктов в виде их теоретико-множественного объединения в соответствии со структурой взаимодействующих элементарных процессов перевозок [11];

3) моделирование работы грузового двора перевалочного пункта, занятого переработкой тарно-упаковочных грузов или контейнеров [6];

4) имитации погрузки АТС, их разгрузки у грузополучателя; имитации времени движения АТС, режимов работы грузовых объектов, работы грузовых устройств и отказов, возникающих в оборудовании погрузочно-разгрузочных пунктов, АТС, отказов из-за болезней водителей, а также и времени их восстановления [14];

5) разработки имитационной модели для определения требуемого количества АТС, которая позволяет решать задачу оптимизации доставки запасных частей автомобилями, работающими в отрыве от основного производства [5];

6) моделирование потребностей в доставке груза [45];

7) разработки модели для расчета мультимодального контейнерного терминала [38];

8) модели для определения потребностей в грузе логистической системы [1, 77].

Нижеупомянутые авторы предлагают решение отдельных задач, таких как:

1) планирование величин технико-эксплуатационных показателей работы подвижного состава при перевозке навалочных грузов (техническая скорость движения, время простоя под погрузкой и разгрузкой, количество выполненных ездов за день работы, дневная производительность единицы подвижного состава, себестоимость) на основе стохастических моделей [4, 10, 11, 68];

2) проведение анализа эксплуатации группы АТС как случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем (пробегом) с приведением результатов расчета основных показателей производственной программы АТП [57];

3) перевозка запасных частей и расходных материалов от завода-изготовителя в г. Рованиemi (Финляндия) до места назначения в г. Санкт-Петербурге (Россия) с рассмотрением вероятностных факторов и законов распределения [12];

4) прогнозирование внеплановых заявок на доставку грузов [45];

5) оценка надежности и экономической эффективности плана перевозок в условиях возможных задержек и наличия штрафных санкций за опоздание [41].

В.И. Николин в работе [62] приходит к выводу, что ТЭП работы АТС могут относиться к автомобилю или к АТСПГ и являются случайными величинами, что оказывает специфическое влияние на планирование перевозок и потребность в АТС для доставки грузов.

В.И. Николин, Е.С. Хорошилова [65] выполнили исследования, результаты которых подтвердили, что АТС в микро- и особо малых АТСПГ

выполняют работу со средними скоростями, величины которых соответствуют выражению $V_T = \bar{V}_a \pm \sigma$, а их распределение согласуется с нормальным законом, о чем также указывает в своей работе В.Г. Галушко [28].

В.И. Николин, Е.С. Хорошилова [65] определили, что на основании таких скоростей можно один раз определить величину σ и применить её для различных АТСПГ, расположенных на территории города, а для описания входящих потоков АТС в грузовые пункты использовать нормальное распределение (закон Гаусса). Этот же закон следует применять для описания распределения вероятностной величины скорости.

Н.В. Ловыгина в работах [85, 86, 87, 88, 89, 90] подтверждает гипотезу В.И. Николина. Сформулированные в работах [85, 86, 87, 88, 89, 90] доказательства позволяют утверждать: в микро- и особо малых АТСПГ изменение V_T и t_{ng} возможно только в результате заранее спланированных действий.

По результатам обобщения вышеизложенных результатов научных исследований [20, 21] в части применения положений теории вероятностей в грузовых автомобильных перевозках (далее – выполненных научных работ) выявлено многообразие ситуаций и условий задач, что потребовало классифицировать известные решения по периоду планирования, территории исполнения, методу составления плана, технологии перевозок, как показано в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Классификация выполненных научных работ по территории исполнения и виду планирования

Территория исполнения	Вид планирования		
	оперативное	текущее	долгосрочное
Городские	В.И. Николин [65], Н.В. Хохлова [85, 86, 87, 88, 89, 90]	В.И. Рассоха [73], И.Е. Агуреев [1], В.А. Гудков [35], А.В. Куликов [48], А.В. Вельможин [14], В.С. Лубенцова [57], А.В. Ефремов [36, 37, 38, 39]	Ш.А. Бутаев [11]
Областные	Л.Л. Афанасьев [2, 3], Е.Е. Баубеков [5], С.М. Резер [74], В.И. Николин [63], К.А. Савченко- Бельский [75]	Ш.А. Бутаев [11], А.В. Ефремов [38], И.А. Золотарь [42], В.С. Лубенцова [57]	Не установлено
Междугородные	Д.П. Гронин [34], Б.П. Безель [6], Л.Б. Миротин [6], А.Б. Белых [7]	Д.П. Гронин [34], А.В. Ефремов [38], В.С. Лубенцова [57]	Ш.А. Бутаев [11]
Международные	С.А. Васильев [12]	С.А. Васильев [12]	Не установлено

Таблица 2 – Классификация выполненных научных работ по методу составления плана и виду планирования

Метод составления плана	Вид планирования		
	оперативное	текущее	долгосрочное
Аналитический	В.И. Николин [65], Н.В. Хохлова [85, 86, 87, 88, 89, 90]	Не установлено	Не установлено
Метод имитационного моделирования	Е.Е. Баубеков [5], Б.П. Безель [6], Л.Б. Миротин [6], А.Б. Белых, [7]	С.А. Васильев [12], Д.П. Гронин [34], А.В. Ефремов [38]	Ш.А. Бутаев [11]
Метод теории массового обслуживания	С.М. Резер [74]	Не установлено	Не установлено
Статистический	В.А. Гудков [35], А.В. Куликов [48]	С.А. Васильев [12]	Не установлено
Метод марковских случайных процессов	Не установлено	А.В. Ефремов [38], В.С. Лубенцова [57]	Не установлено

Таблица 3 – Классификация выполненных научных работ по технологии перевозок и виду планирования

Технология перевозок	Вид планирования		
	оперативное	текущее	долгосрочное
Мелкопартионные	А.Б. Белых [7], С.М. Резер [74]	Ш.А. Бутаев [10], Д.П. Гронин [34], А.В. Ефремов [38], И.А. Золотарь [42]	Не установлено
Помашинные	В.И. Николин, [64], Н.В. Хохлова [85, 86, 87, 88, 89, 90]	И.Е. Агуреев [1], Ш.А. Бутаев [10], С.А. Васильев [12], А.В. Вельможин [14], В.А. Гудков [35], А.В. Куликов [48]	Не установлено

Вышеизложенные результаты обзора научных трудов позволяют утверждать, что вопросам учета неравномерности работы АТС в оперативном планировании перевозок грузов в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ ученые не уделяли достаточного внимания [20, 21, 80].

Исходя из анализа современного состояния теории и практики перевозок грузов в городах на маятниковых и кольцевых маршрутах, **целью исследования является** обеспечение выполнения плана перевозок грузов в малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС за счет разработки методики оперативного планирования.

Выводы по первой главе

1. Установлено, что на практике перевозится большая номенклатура строительных грузов автотранспортными средствами, на результаты работы которых в малой АТСПГ оказывают влияние различные факторы. В результате влияния этих факторов наблюдаются: простои АТС в ожидании погрузки-разгрузки в грузовых пунктах, которые приводят к тому, что выработка одинаковых АТС разная в одних и тех же условиях эксплуатации.

2. Не установлено наличие на практике методики оперативного планирования перевозок грузов с учетом неравномерности работы АТС.

3. Анализ ранее выполненных научных работ по территории исполнения, технологии перевозок грузов, методу составления плана, виду планирования позволяет утверждать, что **вопросам учета неравномерности работы АТС** в оперативном планировании ранее ученые не уделяли достаточного внимания.

4. Поставлена цель диссертационного исследования.

Задачи для достижения поставленной цели:

1. Подтвердить необходимость учета неравномерности работы АТС в малой АТСПГ при оперативном планировании перевозок грузов.

2. Выявить зависимости влияния средней технической скорости АТС и времени простоя его под погрузкой-выгрузкой на результаты функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.

3. Разработать модель функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС и её программно-математическое обеспечение.

4. Разработать методику оперативного планирования перевозок грузов в малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.

5. Выполнить экспериментальную проверку разработанной методики и дать экономическую оценку применения её в практике оперативного планирования.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СРЕДНЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ И ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПОД ПОГРУЗКОЙ-ВЫГРУЗКОЙ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАЛОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

2.1 Общая методика исследований

Методологической базой теоретических и экспериментальных исследований является системный анализ, позволяющий всесторонне систематизировано изучить сложный объект с учётом влияния на него различных факторов. В общем случае под системой на грузовом автомобильном транспорте понимается совокупность реальных объектов, включая связи между ними, которые используются на определенной территории для выполнения перевозок грузов [63]. На основе результатов исследований [63], выполненных в СибАДИ, доказано, что в практике работы автомобильного транспорта функционирует множество АТСПГ, которые существенно отличаются друг от друга.

В рамках настоящего исследования рассматриваются малые АТСПГ [63], где работает группа АТС, перевозящая грузы в городских условиях эксплуатации. Под малой АТСПГ в данных исследованиях понимается совокупность пунктов погрузки и разгрузки, транспортных связей между ними и АТС, осуществляющих перевозку груза. Под насыщенной системой понимается такая, в которой пропускная способность погрузочных и разгрузочных пунктов обеспечивается определенной группой автомобилей, и добавление в такую систему еще одного автомобиля (автопоезда) приводит к образованию очередей транспортных средств на обслуживание в одном из грузоперерабатывающих пунктов. Ненасыщенной системой считается такая, где возможности погрузочных и разгрузочных пунктов и потребность

системы в объемах перевозок превышают суммарную выработку автомобилей, выполняющих доставку грузов в системе в данный момент времени. И если в такую систему добавить еще один автомобиль, то это не вызовет образования очереди транспортных средств. Для них характерно свойство: интервал движения больше ритма выполнения погрузочных или разгрузочных работ [63].

Схемой перевозок грузов в $S_{мал}^{\Delta}$ являются маятниковые и кольцевые маршруты: маятниковый маршрут, с обратным не груженым пробегом (рисунок 1); маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом не на всем расстоянии перевозок груза (рисунок 2); маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом (рисунок 3, а); маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом, но разной загрузкой (рисунок 3, б); кольцевые маршруты (рисунок 3).

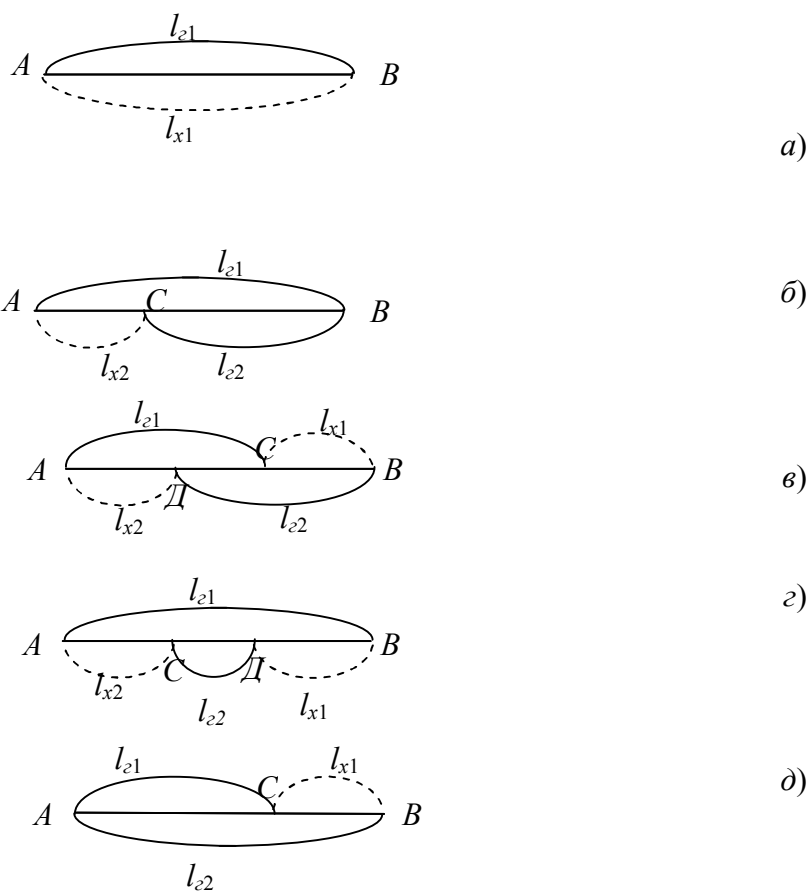
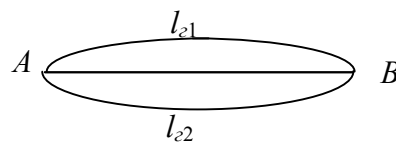
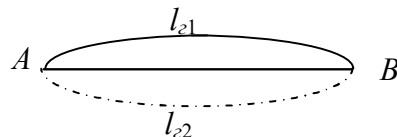


Рисунок 1 – Схемы маятниковых маршрутов, с обратным не груженым пробегом (а) и с груженым пробегом не на всем расстоянии перевозок грузов (б – д)

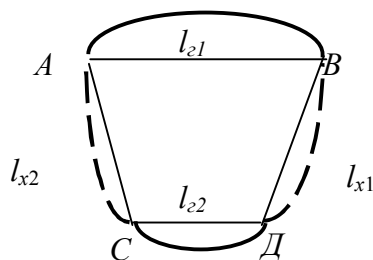


а) с обратным груженым пробегом

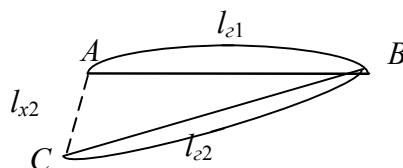


б) с обратным груженым пробегом, но разной загрузкой, ($\gamma_1 \neq \gamma_2$)

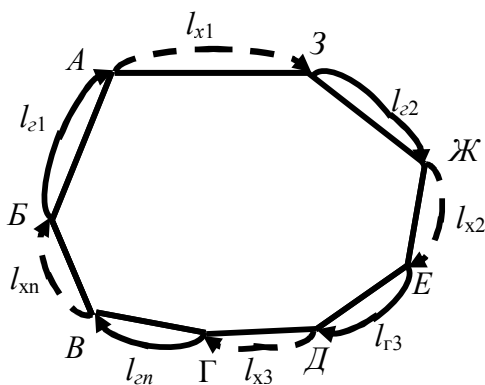
Рисунок 2 – Схемы маятниковых маршрутов, с обратным груженым пробегом



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Схемы кольцевых маршрутов

Предварительные исследования, проведенные автором данной работы, показали, что малые АТСПГ не появляются в результате применения экономико-математических методов в планировании перевозок грузов, поэтому в настоящем исследовании будут рассматриваться только малые АТСПГ, организуемые на практике [18, 82].

С использованием источников [8, 67, 78] введено понятие неравномерность работы АТС. Под неравномерностью работы АТС следует понимать величину отклонения выработки в тоннах и тонно-километрах, возникающую ежедневно в зависимости от влияния таких факторов, как V_T и $t_{не}$. В качестве конечного результата будет выступать методика оперативного планирования перевозок грузов в $S_{мал}^{\Delta}$, которая состоит из последовательного выполнения операций, связанных с проведением исследований, расчетов и анализа. Общая схема исследования представлена на рисунке 4. В исследованиях представлены примеры перевозок грузов АТС в предприятиях города Омска: ООО «Бенар-Авто», ООО «Газавтосервис».

Факторами, подлежащими исследованию в малой АТСПГ, по мнению В.И. Николина [63], являются $V_T, t_{не}, t_o, R$, где t_o – время оборота автомобиля, которое может сразу охватывать время движения, и время обслуживания АТС в грузовых пунктах; R – ритм, это период времени, через который очередной автомобиль может занять пост погрузки или выгрузки, зависящий от числа постов погрузки или выгрузки [63]. При определении t_o и R используются V_T и $t_{не}$, следовательно, t_o и R являются зависимыми и не подлежат исследованию.

На этапе формирования массива исходных данных проводятся натурные эксперименты работы АТС, принадлежащих АТП города Омска. Натурные эксперименты носят пассивный характер. Статистический материал был получен на основе фотографий рабочего дня. При обработке результатов эксперимента использовались статистические методы. Результаты исследований подтверждаются актами о внедрении.

Определяются условия и особенности функционирования элементов за смену, входящих в $S_{мал}^{\Delta}$, а именно: режим работы всех грузовых пунктов (время начала, время окончания работы, перерыв на обед и его продолжительность, время пересмены); способ производства погрузочно-разгрузочных работ на каждом грузовом пункте; вид груза и его свойства;

дорожные условия; марка АТС; количество АТС; количество дней работы; расположение пунктов погрузки и разгрузки на карте города; расстояние перевозок груза в прямом направлении; расстояние перевозок груза в обратном направлении; холостой пробег.

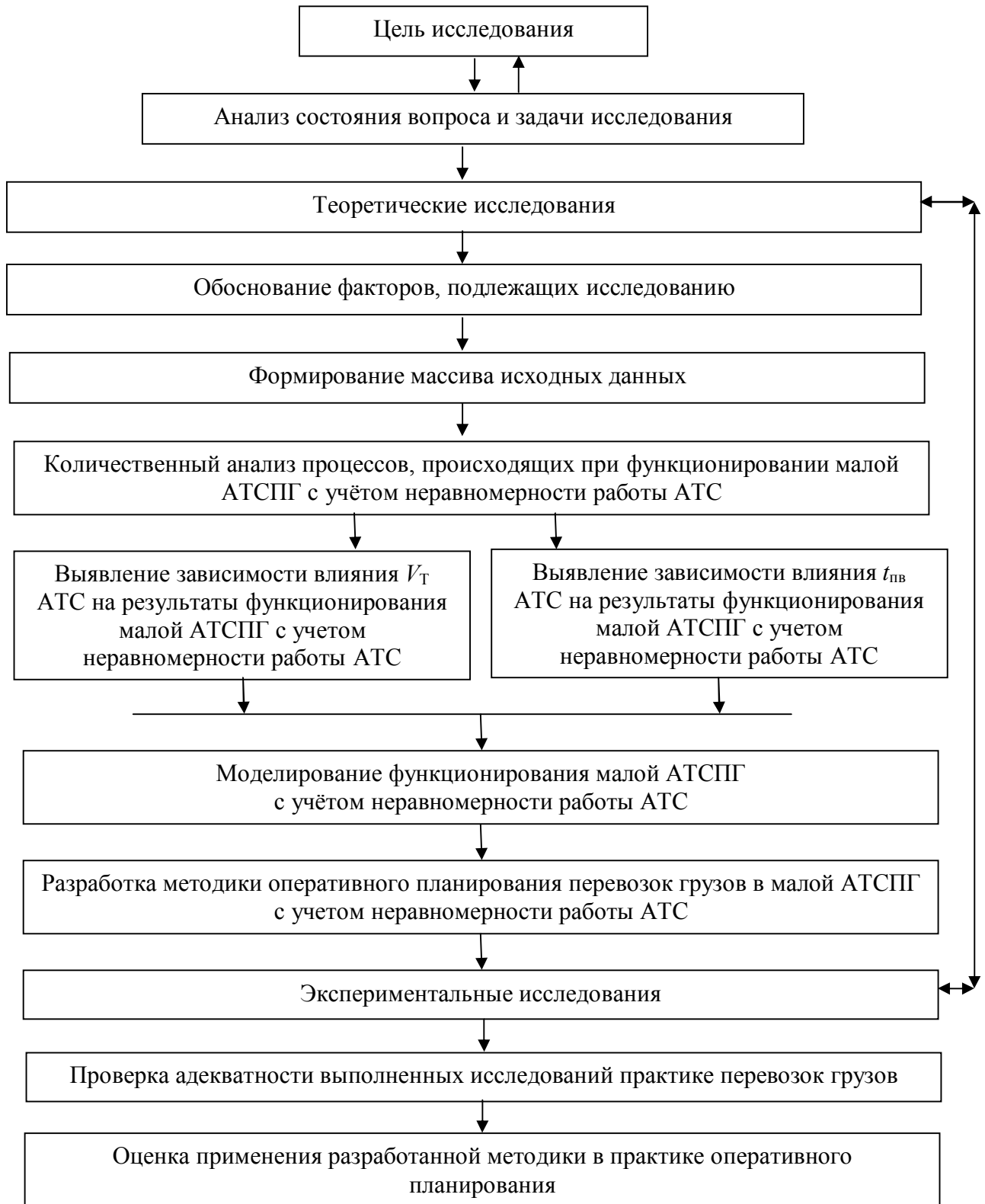


Рисунок 4 – Общая схема исследования

Источником получения первичной информации является фотография рабочего дня водителя.

Количественный анализ процессов, происходящих при функционировании $S_{\text{мал}}^{\Delta}$, требует знания закона распределения случайных величин, его числовых характеристик V_T , $t_{\text{нв}}$ АТС, а именно математическое ожидание и дисперсию. Для этих параметров определяются доверительные интервалы, в которых они действительно находятся при заданной вероятности. Установление закона распределения случайной величины осуществляется методами математической статистики.

Статистическая проверка гипотез позволяет судить о законе распределения генеральной совокупности на основе анализа данных по выборке. Учёные К. Пирсон, Р. Фишер, Дж. Нейман, А. Вальд, А.Н. Колмогоров, Н.В. Смирнов, А.К. Митрапольский, В.И. Романовский предложили соответствующие критерии и заранее при заданном уровне значимости подсчитали и составили таблицы, в которых помещены критические (табличные) значения указанных критериев. Область возможных значений каждого из критериев делится на две части, а именно область принятия гипотезы и область непринятия гипотезы.

При практической проверке рассматриваемых гипотез происходит сопоставление опытных значений критерия с табличным значением критерия и далее в зависимости от фактически установленного соотношения принимается или отвергается выдвинутая гипотеза. Если опытное значение критерия, вычисляемое при заданном уровне значимости, попадает в область принятия гипотезы, то гипотезу принимают. Если опытное значение критерия попадает в критическую область, то гипотезу отвергают.

Для оценки доказательства выборки формулируется нулевая гипотеза так, чтобы можно было использовать известное вероятностное распределение. Нулевая гипотеза формулируется для утверждения того, что выборочная статистика согласуется с принятыми параметрами генеральной совокупности. Сформулировав нулевую гипотезу, исследуется выборка для

того, чтобы определить, согласуется ли она с генеральной совокупностью. Если доказательство согласуется с нулевой гипотезой, то решением будет принятие нулевой гипотезы как верной. Предполагается, что различие между величиной выборочной статистики и параметром генеральной совокупности объясняется случайной вариацией [15, 16, 28, 30].

Согласно работам [62, 85] V_T и $t_{не}$, применяемые для планирования, хорошо описываются законом нормального распределения, который доказан при перевозке грузов одним АТС в городах.

Нормированное нормальное распределение удобно тем, что для него можно построить единичную таблицу функции распределения [15, 16, 28, 30]:

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx. \quad (16)$$

Функция $\Phi(x)$ представляет собой функцию Лапласа и может быть записана [15, 16, 28, 30] в виде

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^x e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx; \quad (17)$$

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \quad (18)$$

Интеграл функции Лапласа позволяет не только найти вероятность того, что случайная величина не превысит некоторое заданное значение ($P(x \leq a)$), но и вероятность попадания случайной величины на заданный участок $[a, b]$:

$$P(a < x < b) = \frac{1}{2} \left[\Phi\left(\frac{b-\bar{x}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a-\bar{x}}{\sigma}\right) \right]. \quad (19)$$

Основой принятия какого-либо решения является функциональная зависимость, связывающая цель решения и средства ее достижения. Подобные зависимости выявляются на основе законов, научных знаний.

В результате исследований выявляются действительные зависимости влияния средней технической скорости V_T АТС и времени простоя его под погрузкой-выгрузкой $t_{не}$ на результаты функционирования $S_{мал}^{\Delta}$.

Методы теории вероятностей позволят определить доверительные интервалы $Q_{мал}^{\Delta}$ и $P_{мал}^{\Delta}$, которые будут использоваться в оперативном планировании перевозок грузов в $S_{мал}^{\Delta}$.

Моделирование осуществляется на всех этапах системного анализа путем создания модели функционирования $S_{мал}^{\Delta}$ с использованием методов анализа, синтеза. В качестве результативных показателей выступает выработка в тоннах $Q_{мал}^{\Delta}$ в $S_{мал}^{\Delta}$ и выработка в тонно-километрах $P_{мал}^{\Delta}$ в $S_{мал}^{\Delta}$.

Для подтверждения адекватности результатов моделирования осуществляется сопоставление их с данными, полученными в ходе проведения натурного эксперимента.

2.2 Исследование влияния средней технической скорости на результаты функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств

Закон нормального распределения справедлив для процессов, исход которых зависит от большого числа независимых факторов, в отдельности оказывающих незначительное влияние на конечный результат (протекание процесса) [28].

В связи с тем, что в работе предполагается определение доверительных интервалов, в которых действительно находятся при заданной вероятности (в работе используется вероятность 95 %) параметры математического ожидания и дисперсии V_T и $t_{не}$ АТС (либо среднего квадратического отклонения), целесообразно применять двусторонний тест. Для

подтверждения нулевой гипотезы использовался критерий В.И. Романовского, который записывается в виде альтернативного условия, отвечающего правосторонней критической области [40]:

$$k_p = \frac{\chi^2 - h}{\sqrt{2 \cdot h}}, \quad (20)$$

где χ^2 – критерий Пирсона; h – число частичных интервалов.

Величина « критерий χ^2 » Пирсона характеризует отклонения между наблюдаемыми и теоретическими частотами появления событий («мера расхождения») [40]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^h \frac{(m_h - m_m)^2}{m_m}, \quad (21)$$

где m_h и m_m – соответственно практическая и теоретическая частоты попадания случайной величины в заданный интервал.

При $k_p \leq 3$ гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается, а $k_p \geq 3$ – отвергается.

Для левосторонней критической области использовался критерий А.Н. Колмогорова [40]:

$$P\{\max | F(x)_o - F(x)_T | \cdot \sqrt{n}\} = P(\lambda), \quad (22)$$

где n – объём выборки (число всех испытаний); $F(x)_o$ – опытное значение функции распределения; $F(x)_T$ – теоретическое значение функции распределения.

При $P(\lambda) \geq P$ гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается. При $P(\lambda) \leq P$ гипотеза отвергается [40].

Величина $P(\lambda)$ определяется по специальным таблицам, представленным в [60]. Это вероятность того, что за счёт чисто случайных

причин максимальное расхождение между $F(x)_o$ и $F(x)_T$ будет не меньше, чем фактически наблюдаемое.

В данной работе требуется не только найти для V_T и $t_{нс}$ подходящее численное значение, но и оценить его точность и надёжность, т.е. использовать доверительные интервалы. Доверительные границы для эмпирического среднего $\bar{x}$ с заданной вероятностью устанавливаются по формулам

$$\bar{x}_g = \bar{x} + \alpha; \quad (23)$$

$$\bar{x}_h = \bar{x} - \alpha; \quad (24)$$

$$\alpha = \xi_{\varepsilon, n} \cdot \tilde{\sigma}_c, \quad (25)$$

где $\xi_{\varepsilon, n}$ – аргумент функции распределения Стьюдента [60]; $\tilde{\sigma}_c$ – показатель, определяемый по формуле

$$\tilde{\sigma}_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (26)$$

Доверительные границы для среднеквадратичного отклонения σ с заданной вероятностью устанавливаются по формулам

$$\bar{\sigma}_g = \bar{\sigma} \cdot (1 + \beta); \quad (27)$$

$$\bar{\sigma}_h = \bar{\sigma} \cdot (1 - \beta), \quad (28)$$

где β – аргумент функции $L(\beta, n-1)$, табулированные значения которой приводятся в работе [60].

Для подтверждения нормального закона распределения V_T АТС применительно к перевозке грузов АТС в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ были выполнены натурные наблюдения и составлены фотографии рабочего дня каждого АТС.

В период наблюдений перевозка осуществлялась на маршруте МЗ, схема которого представлена на рисунке 5.

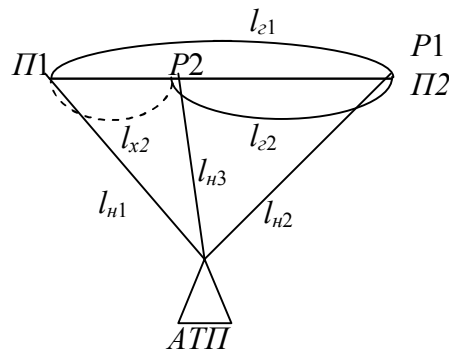


Рисунок 5 – Схема маршрута МЗ

Перевозка осуществлялась АТС марки КамАЗ-4326, количество АТС – 6 ед. АТС работали 11 дней. Согласно рисунку 5 П1 является первым пунктом погрузки (кирпичный завод № 1); Р1 – первый пункт выгрузки (строительный склад, ул. Комарова, 2); П2 – второй пункт погрузки (строительный склад, ул. Комарова, 2); Р2 – второй пункт выгрузки (строительный объект «Золотые Купола», ул. Фрунзе, 49); l_{c1} – расстояние перевозок груза (перевозка кирпича) в прямом направлении, 15 км; l_{c2} – расстояние перевозок груза (бетонные изделия) в обратном направлении, 5 км; l_{x2} – холостой пробег, 10 км; $q\gamma$ – фактическая загрузка АТС, 5 т; t_n – время простоя при погрузке одного АТС, 0,5 ч; T_n – плановое время работы, 10 ч; t_g – время простоя при выгрузке одного АТС, 0,5 ч. АТС подаются на первую погрузку в начале смены во все грузовые пункты одновременно.

При обработке данных был произведён количественный анализ вероятностных процессов методами математической статистики, а также выполнены доверительные оценки этих процессов. Для фиксирования V_T АТС на каждой езде наблюдателями проводилась регистрация показания времени начала движения от пункта погрузки (выгрузки) и времени прибытия в пункт погрузки (выгрузки). Средняя техническая скорость определялась как частное от деления длины ездки на время движения за каждую ездку. По фотографиям рабочего дня построено расписание работы всех АТС в отдельный день [79], из которого видно различное время совершения отдельной ездки с грузом и холостых пробега (рисунок 6).

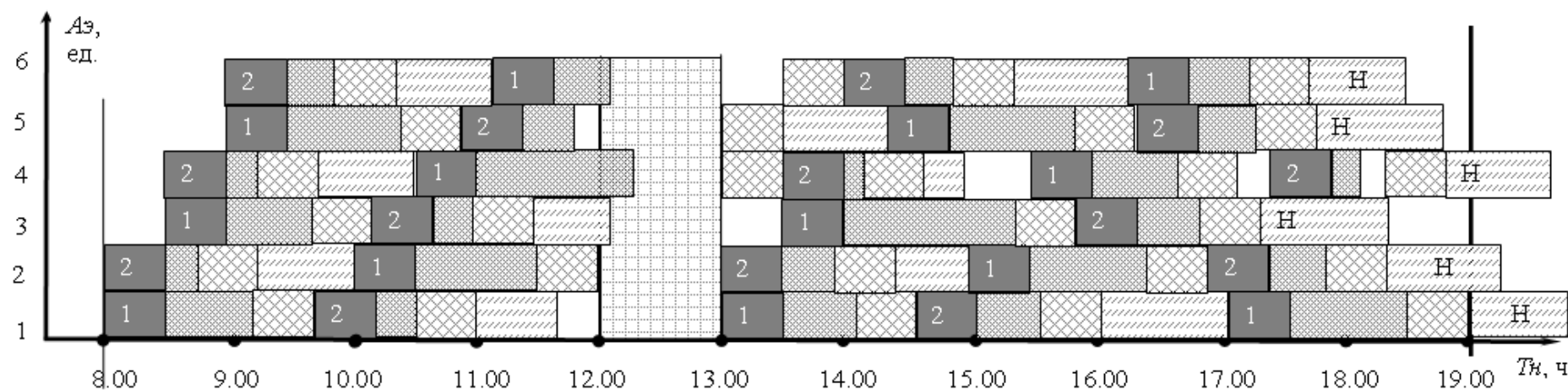
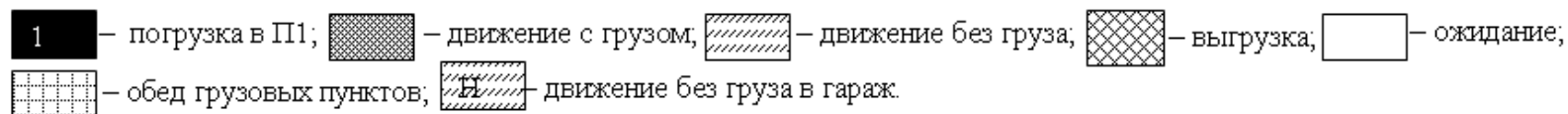


Рисунок 6 – Расписание работы АТС, построенное по результатам натурных наблюдений при изменении V_T :



АТС марки КамАЗ-4326, расстояние перевозок груза в прямом направлении – 15 км (перевозка кирпича); расстояние перевозок груза в обратном направлении – 5 км (бетонные изделия); пробег без груза – 10 км; фактическая загрузка АТС – 5 т; время простоя при погрузке – 0,5 ч; плановое время работы – 10 ч; время простоя при выгрузке АТС – 0,5 ч. АТС подаются на первую погрузку в начале смены во все грузовые пункты одновременно.

Из рисунка 6 видно, что возникает время ожидания на пунктах погрузки и выгрузки из-за того, что среднее значение V_T отличается от среднетехнической скорости отдельного АТС во времени конкретной ездки. Фиксируемые значения V_T во время отдельной ездки с грузом и холостых пробегов представлены в виде вариационного ряда (таблица 4). Для количественного анализа вероятностных процессов необходимо знать закон распределения случайной величины. К основным числовым характеристикам следует отнести: математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение.

Первоначально осуществляется выбор нулевой гипотезы закона распределения V_T АТС при перевозке грузов в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ и устанавливается правомерность его применения.

В работах [62, 85] приводятся результаты анализа V_T , делается вывод о том, что V_T хорошо описывается законом нормального распределения. Далее устанавливается правомерность применения закона нормального распределения к описанию V_T .

Таблица 4 – Вариационный ряд значений V_T АТС, км/ч

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		13,20	14,08	18,48	19,36	21,12	21,12	21,12	22,01	29,05
10	29,05	31,69	31,69	31,69	26,01	20,05	20,05	21,03	23,15	21,52
20	21,52	21,52	22,01	22,49	22,49	22,98	22,98	26,35	23,96	24,45
30	24,45	26,90	26,90	27,38	28,36	22,17	22,82	24,45	27,46	28,48
40	28,48	29,83	35,60	41,48						

Величины математического ожидания V_T : $\bar{x} = 24,67$ км/ч, дисперсии математического ожидания V_T : $\bar{\sigma}^2 = 27,04$ км/ч. Среднее квадратическое отклонение V_T : $\bar{\sigma} = 5,2$ км/ч. Коэффициент вариации V_T : $V = 0,2$.

На рисунке 7 представлен график функции плотности вероятности.

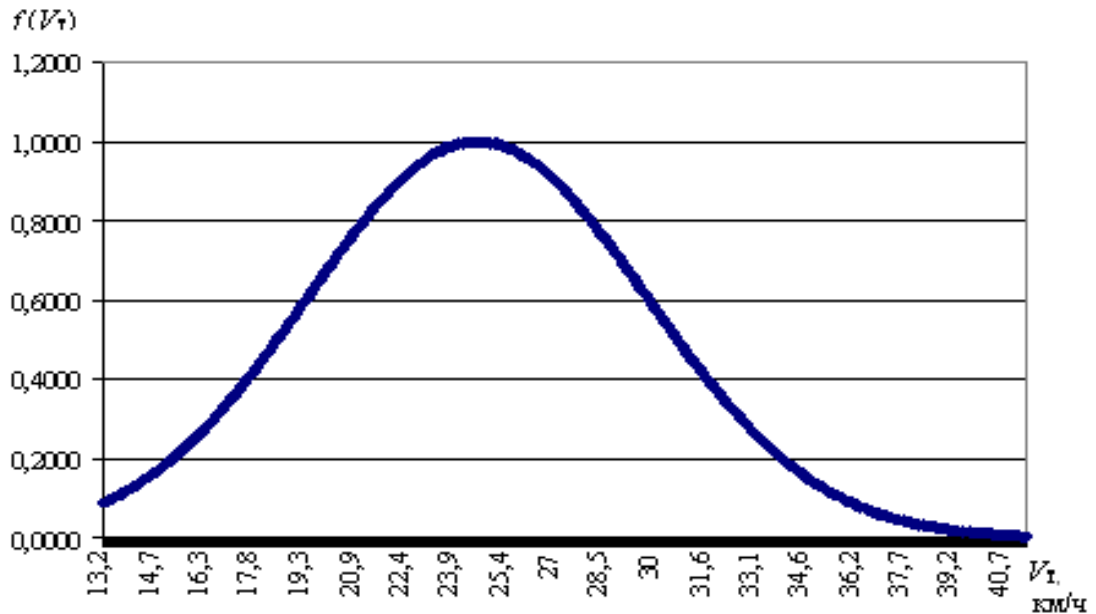


Рисунок 7 – Функция $f(V_T)$ плотности вероятности нормального распределения

Для построения гистограммы, необходимо наблюдаемые значения распределить по интервалам. Согласно данным [40] число интервалов не должно быть слишком большим и слишком малым. Длина интервалов может быть как одинаковой, так и различной. Проще использовать интервалы одинаковой длины. В случае равных по длине интервалов высота прямоугольников пропорциональна их частотам. Из способа построения гистограммы следует, что полная площадь её равна единице.

Число равных интервалов, на которое следует разбить весь диапазон значений, определяется по формуле [40]

$$K = 3,3 \cdot \lg n + 1; \quad (29)$$

$$K = 3,3 \cdot \lg 43 + 1 = 6,39.$$

Число интервалов $K = 6$.

Длина интервала

$$h = \frac{(t_{\max} - t_{\min})}{K}; \quad (30)$$

$$h = \frac{(41,48 - 13,2)}{6} = 4,71 \text{ км/ч}$$

Данные для построения гистограммы представлены в таблице 5. Гистограмма распределения выборки представлена на рисунке 8.

Таблица 5 – Данные для построения гистограммы

Номер интервала	Частичный интервал	Сумма частот	Относительные частоты
1	13,2–17,9	2	0,0465
2	17,9–22,63	16	0,3721
3	22,63–27,34	12	0,2791
4	27,34–32,05	11	0,2558
5	32,05–36,77	1	0,0233
6	36,77–41,48	1	0,0233

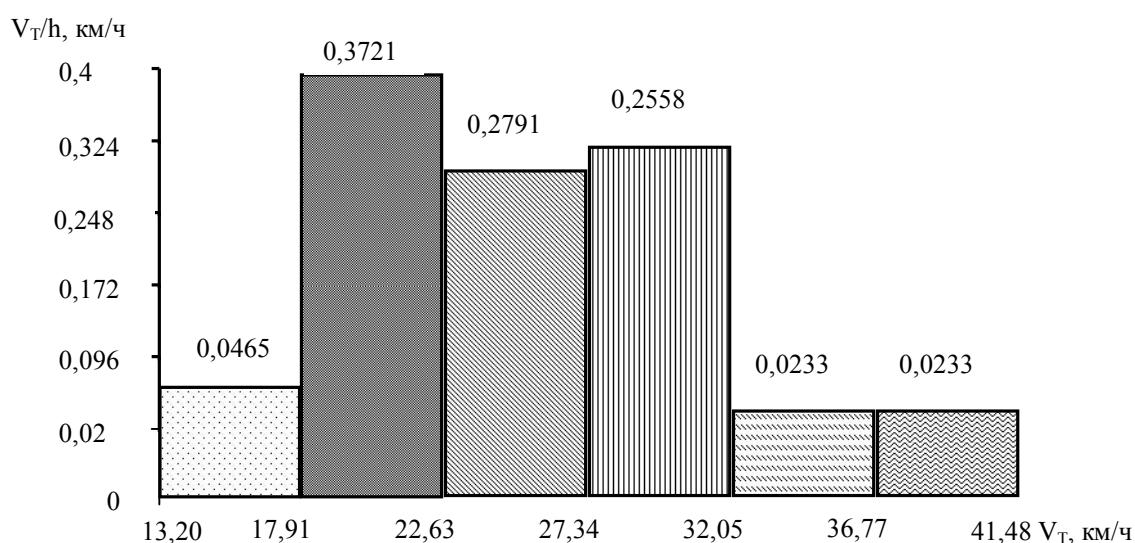


Рисунок 8 – Гистограмма распределения выборки

Для определения величины χ^2 необходимо объединить частичные интервалы, так как согласно источнику [40] достаточно большим должно быть не только число опытов, но и число наблюдений в отдельных разрядах (5–10). В изменённой диаграмме распределения выборки объединены 3-й и 4-й интервалы, а также 5-й и 6-й.

Полученная гистограмма приведена на рисунке 9. Данные для построения изменённой гистограммы представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Данные для построения изменённой гистограммы

Номер интервала	Частичный интервал	Сумма частот	Относительные частоты
1	13,2-17,9	2	0,0465
2	17,9-22,63	16	0,3721
3	22,63-32,05	23	0,5349
4	32,05-41,48	2	0,0465

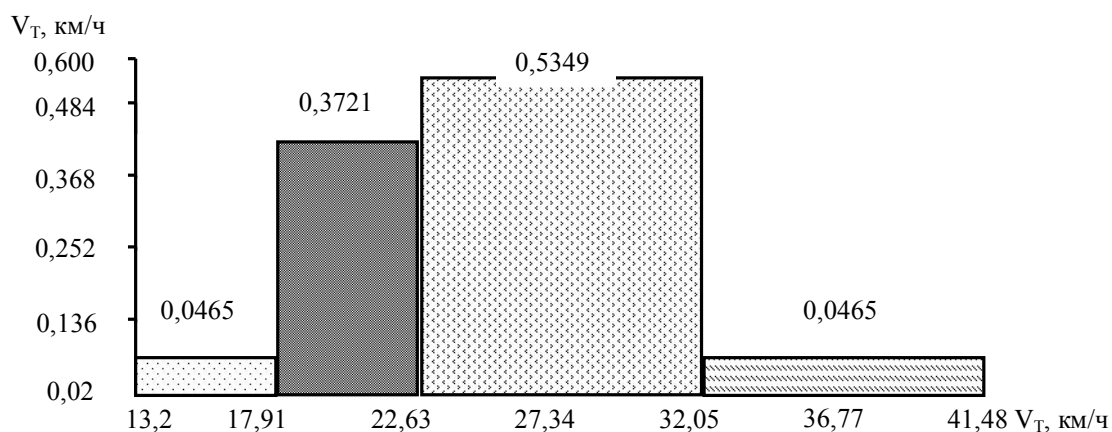


Рисунок 9 – Изменённая гистограмма распределения выборки

Величины теоретических частот имеют значение для каждого интервала соответственно: 5,0532; 14,2416; 18,4966; 5,2472. Критерий Пирсона: $\chi^2 = 5,17$.

Критерий В.И. Романовского, отвечающий правосторонней критической области: $k_p = 0,41 < 3$. Гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается.

Для левосторонней критической области использовался критерий А.Н. Колмогорова с использованием теоретических вероятностей для каждого интервала соответственно: 0,1175; 0,3312; 0,4302; 0,1220. В результате вычислений $\lambda = 0,68$; $P(\lambda) > 0,8$ [40]. Делается вывод о том, что гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому закону не отвергается.

Доверительные границы для $\bar{x}$ с заданной вероятностью 95 %:

$$\xi = 2,02 [3]; \tilde{\sigma}_c = 0,8023;$$

$$\bar{x}_g = 26,3 \text{ км/ч}; \bar{x}_n = 23,0 \text{ км/ч}.$$

Доверительные границы для $\bar{\sigma}$ с вероятностью 95 %:

$$\beta = 0,3 [3];$$

$$\bar{\sigma}_e = 6,7 \text{ км/ч}; \bar{\sigma}_n = 3,7 \text{ км/ч}.$$

Исследования были проведены для схемы маршрута М1, представленной на рисунке 1, АТС работали 11 дней. Перевозка осуществлялась АТС марки КамАЗ-4326, количество АТС – 6 ед. *A* является пунктом погрузки (кирпичный завод №1); *B* – пункт выгрузки (строительный склад, ул. Комарова, 2); l_{c1} – расстояние перевозок груза, 15 км (перевозка кирпича); l_{x1} – холостой пробег, 15 км; $q\gamma$ – фактическая загрузка АТС, 5 т; t_n – время простоя при погрузке одного АТС, 0,5 ч; T_n – плановое время работы, 10 ч; t_e – время простоя при выгрузке одного АТС, 0,5 ч. АТС подаются на первую погрузку в начале смены во все грузовые пункты одновременно.

Исследования были проведены для схемы маршрута М2, представленной на рисунке 2, б. Данные для определения параметров закона нормального распределения V_T представлены в приложении А, таблица А.1.

Перевозка осуществлялась АТС марки КамАЗ-4326, количество АТС – 2 ед. АТС работали 2 дня. Согласно рисунку 2, б *A* является первым пунктом погрузки (кирпичный завод №1), *B* – первый пункт выгрузки (строительный склад, ул. Комарова, 2); l_{c1} – расстояние перевозок груза в прямом направлении, 15 км (перевозка кирпича); l_{c2} – расстояние перевозок груза в обратном направлении, 15 км (перевозка поддонов); $q\gamma_1$ – фактическая загрузка АТС в прямом направлении, 5 т; $q\gamma_2$ – фактическая загрузка АТС в обратном направлении, 0,5 т; t_n – время простоя при погрузке одного АТС, 0,5 ч; T_n – плановое время работы, 10 ч; t_e – время простоя при выгрузке одного АТС, 0,5 ч. АТС подаются на первую погрузку в начале смены во все грузовые пункты одновременно. Данные для определения параметров закона нормального распределения V_T представлены в приложении А, таблица А.1.

Исследования были проведены для схемы маршрута М4, представленной на рисунке 3, а. Перевозка осуществлялась АТС марки КамАЗ-4326, количество АТС – 3 ед. АТС работали 2 дня. Согласно рисунку 3, а А является первым пунктом погрузки (кирпичный завод №1); В – первый пункт выгрузки (строительный склад, ул. Комарова, 2); Д – второй пункт погрузки (бетонный завод, ул. Комбинатская, 13); С – второй пункт выгрузки (строительный объект «Золотые Купола», ул. Фрунзе, 49); l_{21} – расстояние перевозок груза на первой ветви, 15 км (перевозка кирпича), l_{22} – расстояние перевозок груза на второй ветви, 15 км (бетонные изделия); l_{x1} – холостой пробег на первой ветви, 12 км; l_{x2} – холостой пробег на второй ветви, 15 км; $q\gamma$ – фактическая загрузка АТС, 5 т; t_n – время простоя при погрузке одного АТС, 0,5 ч; T_n – плановое время работы, 10 ч; t_6 – время простоя при выгрузке одного АТС, 0,5 ч. АТС подаются на первую погрузку в начале смены во все грузовые пункты одновременно. Данные для определения параметров закона нормального распределения V_T представлены в приложении А, таблица А.1.

Значения параметров закона нормального распределения V_T , полученные на маршрутах М1, М2, М3, М4 при перевозке груза АТС, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Значения математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения для V_T АТС, полученные в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$

Код схемы маршрута	Математическое ожидание $\bar{x}$	Дисперсия σ^2	Среднее квадратическое отклонение σ
Маятниковые маршруты			
М1	25,37 км/ч	27,98	5,29 км/ч
М2	25,10 км/ч	27,66	5,26 км/ч
М3	24,67 км/ч	27,04	5,2 км/ч
Кольцевой маршрут			
М4	23,36 км/ч	20,92	4,57 км/ч

При анализе V_T АТС были получены значения критерия Пирсона на каждом маршруте: $\chi_{M1}^2=4,77$; $\chi_{M2}^2=5,19$; $\chi_{M3}^2=5,17$; $\chi_{M4}^2=4,18$. Гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается.

При анализе V_T АТС были получены значения критерия В.И. Романовского на каждом маршруте: $k_{pM1}=0,27$; $k_{pM2}=0,42$; $k_{pM3}=0,41$; $k_{pM4}=0,06$. Гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается.

Критерий А.Н. Колмогорова при анализе V_T АТС: $\lambda_{M1}=0,80$; $\lambda_2=0,85$; $\lambda_3=0,68$; $\lambda_4=0,70$. Гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается.

Значения параметров закона нормального распределения, полученных на маятниковых и кольцевых маршрутах с вероятностью 0,95, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Значения параметров закона нормального распределения для V_T АТС, полученные в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ с вероятностью 0,95

Код схемы маршрута	Верхняя граница математическо- го ожидания	Нижняя граница математическо- го ожидания	Верхняя граница среднего квадратического отклонения	Нижняя граница среднего квадратического отклонения
Маятниковые маршруты				
М1	27,01 км/ч	23,72 км/ч	6,87 км/ч	3,70 км/ч
М2	26,73 км/ч	23,74 км/ч	6,82 км/ч	3,68 км/ч
М3	26,30 км/ч	23,00 км/ч	6,70 км/ч	3,70 км/ч
Кольцевые маршруты				
М4	24,8 км/ч	21,9 км/ч	5,9 км/ч	3,2 км/ч

После проведения вероятностного анализа статистического материала был проведён регрессионный анализ для выявления зависимости влияния V_T АТС на результаты функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.

С учётом возможности выполнения отдельной ездки с грузом и холостых пробегов, были зафиксированы выработки в тоннах для одного АТС (Q_{H1}), значения Q_{Hi} в интервалах изменения значений V_T АТС во время выполнения этих ездок.

В таблице 9 представлены результаты распределения ездок с грузом и холостых пробегов в интервалах изменения V_T и наблюдаемые при этих интервалах значения Q_{H1} .

Таблица 9 – Статистическая таблица зависимости влияния V_T АТС на Q_{H1}

Показатель	Факториальный признак – V_T , км/ч				Число ездок с грузом и холостых пробегов
	13,20–20,27	20,27–27,24	27,24–34,41	34,41–41,48	
Q , т:					
5		1			1
10	2		1		3
15		2	5		7
20		8			8
25		5	4		9
30			13	2	15
Число ездок с грузом и холостых пробегов	2	16	23	2	43
Среднее арифметическое	10,00	20,00	25,00	30,00	21,25
Построечная дисперсия разброса выработки	0,00	26,67	47,73	0,00	74,39

При проведении регрессионного анализа находим среднее арифметическое Q_{H1} в каждом из интервалов изменения V_T (сечений графика) по формуле

$$\bar{y}_{jcp} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n=4} y_{ij} \cdot m_{y_i}}{m_{x_j}}, \quad (31)$$

где y_{ij} – частные значения результативного признака, отвечающие данному значению факториального признака; m_{x_j} – число ездок с грузом и холостых

пробегов при заданной V_T (повторяемость факториального признака); m_{y_i} – число ездов с грузом и холостых пробегов при заданной выработке (повторяемость результативного признака).

Для первого сечения

$$\bar{y}_{1cp} = \frac{10 \cdot 2}{2} = 10.$$

Для второго сечения

$$\bar{y}_{2cp} = \frac{5 \cdot 1 + 15 \cdot 2 + 20 \cdot 8 + 25 \cdot 5}{16} = 20.$$

Для третьего сечения

$$\bar{y}_{3cp} = \frac{10 \cdot 1 + 15 \cdot 5 + 25 \cdot 4 + 30 \cdot 13}{23} = 25.$$

Для четвёртого сечения

$$\bar{y}_{4cp} = \frac{30 \cdot 2}{2} = 30.$$

На основании полученных средних значений влияния V_T АТС на Q_{H1} построен график опытной линии регрессии, рисунок 10.

В данной работе построение регрессионной прямой осуществлялось при помощи метода наименьших квадратов, использование которого заключается в выравнивании опытных данных, т. е. в построении гипотетической линии. Из всех возможных прямых должна быть выбрана такая, для которой мера рассеяния опытных точек x_i, y_i будет минимальна [40, 60].

При использовании метода наименьших квадратов отыскиваются такие оценки параметров уравнения регрессии, которые сводят к минимуму выбранную меру разброса. В исследовании рассматривалась линейная регрессия.

Общее уравнение прямой для простой линейной регрессии определяется по следующей формуле [40]:

$$y = b_0 \cdot x + b_1, \quad (32)$$

где x – объясняющая переменная; b_0 – коэффициент регрессии; b_1 – постоянная регрессии.

Постоянная b_0 определяет точку пересечения прямой регрессии с осью ординат. Коэффициент регрессии характеризует наклон прямой к оси OX и является мерой зависимости переменной y от переменной x .

Согласно [40] постоянная b_0 и коэффициент регрессии b_1 определяются следующим образом:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}; \quad (33)$$

$$b_0 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i - b_1 \sum_{i=1}^n x_i \right). \quad (34)$$

При построении регрессионной зависимости влияние V_T АТС на Q_{H1} получилось положительным. Вследствие этого гипотетическая линия будет иметь возрастающий характер, иными словами, речь идёт о положительной регрессии [40].

Искомое уравнение прямолинейной однофакторной регрессионной зависимости влияния V_T АТС на Q_{H1} имеет вид $Q_{H1} = 0,65 \cdot V_T + 3,05$.

Полученное уравнение прямой линии зависимости влияния V_T АТС на Q_{H1} представлено на рисунке 10.

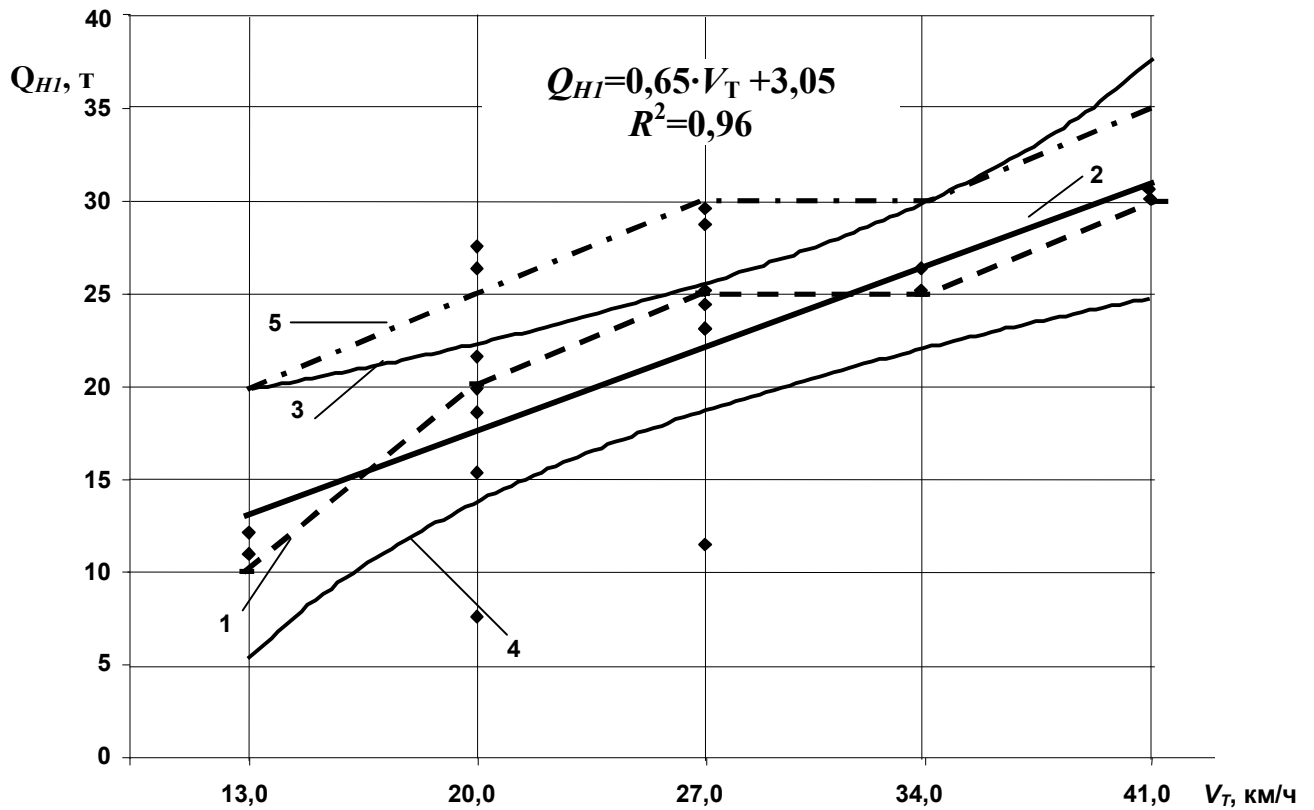


Рисунок 10 – Зависимость влияния V_T АТС на Q_{H1} : «♦» – фактическая величина выработки согласно фотографиям рабочего дня; 1 – опытная линия регрессии; 2 – линия, выравнивающая вычисленную опытную; 3, 4 – соответственно верхняя и нижняя границы доверительного интервала; 5 – теоретическая линия, полученная по методике В.И. Николина

Если $V_T = 13$, то $Q_{H1} = 0,65 \cdot 13 + 3,05 = 11,5$.

Если $V_T = 23$, то $Q_{H1} = 0,65 \cdot 23 + 3,05 = 18,0$.

Если $V_T = 33$, то $Q_{H1} = 0,65 \cdot 33 + 3,05 = 24,5$.

Если $V_T = 43$, то $Q_{H1} = 0,65 \cdot 43,2 + 3,05 = 31$.

Невязка при выравнивании опытной линии составляет [40]:

$$u = \sum_{i=1}^n (y_{i \text{ расч}} - \bar{y}_{i \text{ расч}})_j^2, \quad (35)$$

$$u = (11,5 - 10)^2 + (18 - 20)^2 + (24,5 - 25)^2 + (31 - 30)^2 = 7,5.$$

Проверка воспроизводимости пассивного эксперимента осуществляется определением построчных дисперсий, характеризующих значение ошибок, возникающих в процессе наблюдений:

$$D[y]_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{jcp})^2 \cdot m_{y_i}}{m_{jx} - 1}. \quad (36)$$

Для первого сечения

$$D[y]_2 = \frac{(10 - 10)^2 \cdot 2}{2 - 1} = 0.$$

Для второго сечения

$$D[y]_2 = \frac{(5 - 20)^2 \cdot 1 + (15 - 20)^2 \cdot 2 + (20 - 20)^2 \cdot 8 + (25 - 20)^2 \cdot 5}{16 - 1} = 26,67.$$

Для третьего сечения

$$D[y]_2 = \frac{(10 - 20)^2 \cdot 1 + (15 - 20)^2 \cdot 5 + (25 - 20)^2 \cdot 4 + (25 - 30)^2 \cdot 13}{16 - 1} = 25,00.$$

Для четвёртого сечения

$$D[y]_2 = \frac{(30 - 30)^2 \cdot 2}{2 - 1} = 0.$$

Сумма построчных дисперсий

$$\sum_{j=1}^4 D[y]_i = 0 + 26,67 + 25,00 + 0 = 51,67.$$

Результаты расчёта представлены в таблице 10.

Усреднённое значение построчных дисперсий, т. е. дисперсия воспроизводимости эксперимента [40]

$$D[y]_{воспр} = \frac{\sum_{j=1}^4 D[y]_i}{n}; \quad (37)$$

$$D[y]_{воспр} = \frac{51,67}{4} = 12,92;$$

$$\sigma_{воспр} = \sqrt{12,92} = 3,59;$$

Оценка статистической значимости полученного уравнения регрессии на адекватность осуществлялась с использованием дисперсии всего наблюдения.

Коэффициент детерминации показывает долю меры разброса (дисперсии) зависимой переменной (выработки), объясняемую рассматриваемой моделью [40]:

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n x_j \right) \left(\sum_{j=1}^n y_j \right)}{\sqrt{\left[\sum_{j=1}^n x_j^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n x_j \right)^2 \right] \left[\sum_{j=1}^n y_j^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n y_j \right)^2 \right]}} \right)^2. \quad (39)$$

Более точно – это единица минус доля необъяснённой дисперсии. В нашем случае $R^2 = 0,96$.

Проверка правдоподобия гипотезы об адекватности математической модели зависимости влияния V_T АТС на Q_{H1} производится с помощью критерия Фишера, который записывается в виде альтернативного условия, отвечающего правосторонней критической области [40]:

$$F_{on} = \frac{u D[y]_{аннрокс}}{D[y]_{воспр}} = \begin{cases} \leq F_{табл.} \begin{pmatrix} \alpha = 0,05 \\ k_1 = n - d - 1 \\ k_2 = n - 1 \end{pmatrix} - \text{модель адекватная;} \\ > F_{табл.} \begin{pmatrix} \alpha = 0,05 \\ k_1 = n - d - 1 \\ k_2 = n - 1 \end{pmatrix} - \text{модель неадекватная,} \end{cases}$$

$$D[y]_{аннрокс} = \frac{u}{n - d - 1} = \frac{\sum_{j=1}^n (y_{i \text{ расч}} - y_{i \text{ опытн}})_j^2}{n - d - 1}; \quad (40)$$

$$D[y]_{\text{аппрокс}} = \frac{7,5}{43 - 2 - 1} = 0,19;$$

$$F_{\text{он}} = \frac{4 \cdot 0,19}{18,6} = 0,040.$$

Табличное значение критерия Фишера при $\alpha=0,05$, $k_1=40$, $k_2=42$ составляет $F_{\text{табл}}=1,5$. $F_{\text{он}}=0,040 < F_{\text{табл}}=1,5$.

Следовательно, математическая модель зависимости влияния V_T АТС на Q_{H1} , записанная в виде уравнения прямой линии $Q_{H1} = 0,65 \cdot V_T + 3,05$, адекватно описывает исследуемый процесс.

Проверенная на адекватность математическая модель, записанная в виде прямой линии $Q_{H1} = 0,65 \cdot V_T + 3,05$, представляет собой, так называемую систематическую составляющую, которая, в среднем, дает представление об изменении Q_{H1} при изменении фактора V_T АТС.

Кроме систематической составляющей, исследуемая зависимость изменения Q_{H1} при изменении фактора V_T описывается также случайной составляющей, представляющей собой коридор разброса функции отклика относительно ее среднего результата. Границы коридора (верхняя и нижняя) зависят от дисперсии воспроизводимости эксперимента $\sigma_{\text{воспр}}$ и заданной доверительной вероятности $P_\delta = 1 - \alpha$ (P_δ принимается 0,95). Полуширина доверительного интервала в каждом сечении графика определяется с помощью формулы

$$\delta_M = \frac{\sigma_{\text{воспр}}}{\sqrt{n}} \cdot S^{-1}(P_\delta; n), \quad (41)$$

где $S^{-1}(P_\delta; n)$ – обращенное значение функции Стьюдента.

Вычислим верхнюю и нижнюю границы доверительного коридора разброса Q_{H1} для каждого сечения.

Для первого сечения:

$$11,5 + \frac{4,31}{\sqrt{2}} \cdot 2,02 = 17,71 \text{ т}; 11,5 - \frac{4,31}{\sqrt{2}} \cdot 2,02 = 5,29 \text{ т.}$$

Для второго сечения:

$$18,0 + \frac{4,31}{\sqrt{16}} \cdot 2,02 = 20,17 \text{ т}; 18,0 - \frac{4,31}{\sqrt{16}} \cdot 2,02 = 15,83 \text{ т.}$$

Для третьего сечения:

$$24,5 + \frac{4,31}{\sqrt{23}} \cdot 2,02 = 26,32 \text{ т}; 24,5 - \frac{4,31}{\sqrt{23}} \cdot 2,02 = 22,69 \text{ т.}$$

Для четвертого сечения:

$$31,0 + \frac{4,31}{\sqrt{2}} \cdot 2,02 = 37,1 \text{ т}; 31,0 - \frac{4,31}{\sqrt{2}} \cdot 2,02 = 24,79 \text{ т.}$$

На основании полученных данных строим верхнюю и нижнюю границы доверительных интервалов разброса зависимости влияния V_T АТС на Q_{H1} , представленные на рисунке 10.

С учётом возможности выполнения отдельной ездки с грузом и холостых пробегов были фиксированы значения P_{H1} в интервалах изменения значений V_T АТС во время выполнения этих ездок, как представлено в таблице 9. В таблице 11 даны результаты распределения количества ездок с грузом и холостых пробегов в интервалах изменения V_T АТС и наблюдаемые при этих интервалах значения P_{H1} .

На основании полученных средних значений P_{H1} построен график опытной линии регрессии, рисунок 11.

Искомое уравнение однофакторной регрессионной зависимости влияния V_T АТС на P_{H1} имеет вид

$$P_{H1} = 6,63 \cdot V_T + 39,14.$$

Пример расчета Q и P на маршруте М3 и результаты расчета по методике В.И. Николина представлены в приложении В. Теоретическая линия влияния V_T АТС на Q и P , полученная по методике В.И. Николина представлена на рисунках 10–13.

Результаты расчета отклонений между величинами $Q(P)$ при изменении V_T , полученными по методике В.И. Николина, и величинами $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ ($P_{\text{мал}}^{\Delta}$) составляют от 2,2 до 22,6 % (от 25,1 до 32,0 %) (приложение В, таблица В.2).

Таблица 10 – Статистическая таблица зависимости влияния V_T АТС на P_{H1}

Показатель	Факториальный признак – V_T , км/ч				Число ездов с грузом и холостых пробегов
	13,20–20,27	20,27–27,24	27,24–34,41	34,41–41,48	
P , т·км:					
60		1			1
100	2		1		3
175		2	5		7
200		8			8
275		5	4		9
300			13	2	15
Среднее арифметическое	100,00	211,56	259,78	300,00	217,84
Построечная дисперсия разброса выработки	0,00	3122,40	3792,00	0,00	6914,39

Прямая линия, построенная по полученному уравнению, представлена на рисунке 11.

Коэффициент детерминации определен по формуле (39). $R^2 = 0,89$.

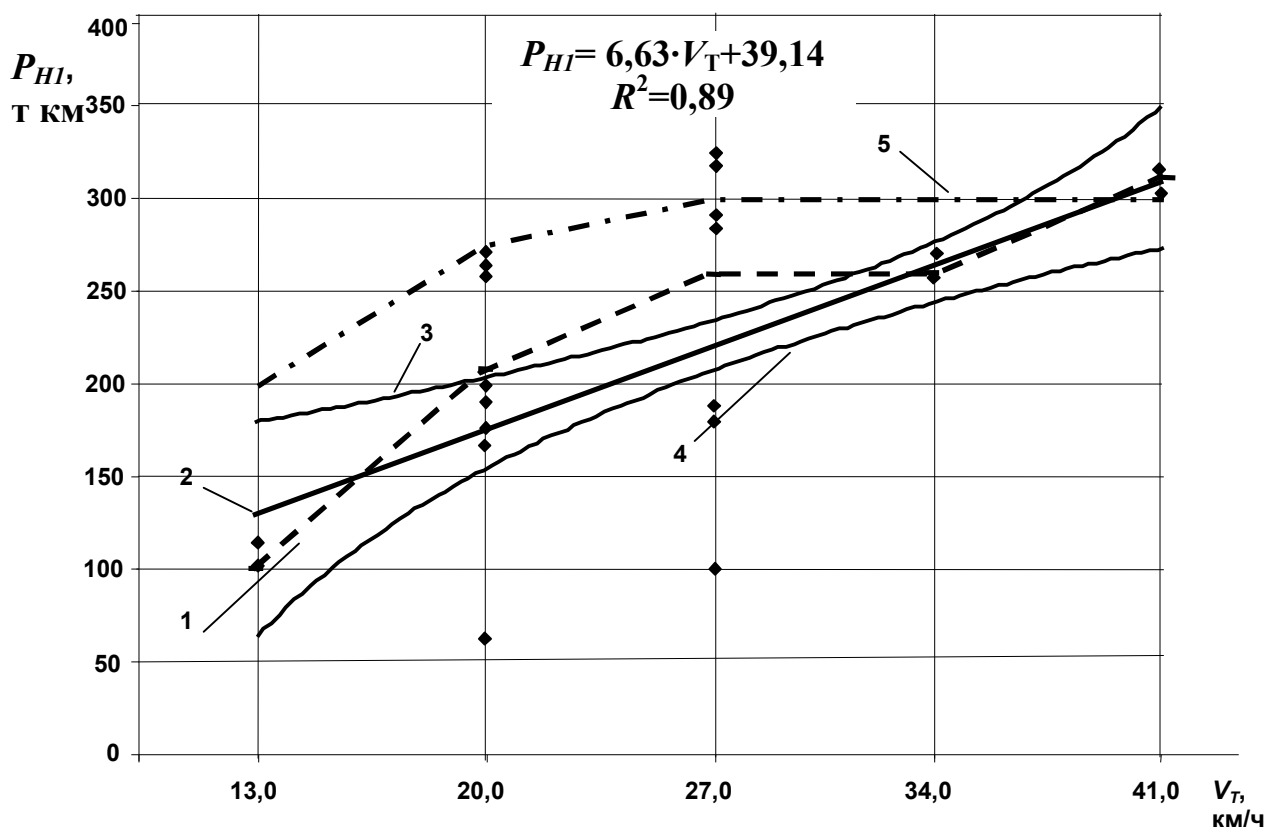


Рисунок 11 – Зависимость влияния V_T на P_{H1} : «♦» – фактическая величина выработки согласно фотографиям рабочего дня; 1 – опытная линия регрессии; 2 – прямая линия, выравнивающая вычисленную опытную; 3, 4 – соответственно верхняя и нижняя границы доверительного интервала; 5 – теоретическая линия, полученная по методике В.И. Николина

Проверка правдоподобия гипотезы об адекватности математической модели производится с помощью критерия Фишера, который записывается в виде альтернативного условия, отвечающего правосторонней критической области по формуле (40). $F_{on} = 1,013 < F_{табл} = 1,5$.

Следовательно, математическая модель зависимости влияния V_T АТС на P_{H1} , записанная в виде уравнения прямой линии $P_{H1} = 6,63 \cdot V_T + 39,14$, адекватно описывает исследуемый процесс.

Результаты расчета верхней и нижней границ доверительного интервала разброса среднего результата для каждого сечения.

Для первого сечения: 185,29 т·км; 65,37 т·км.

Для второго сечения: 212,61 т·км; 170,65 т·км.

Для третьего сечения: 275,45 т·км; 240,41 т·км.

Для четвертого сечения: 384,19 т·км; 264,27 т·км.

На основании полученных данных строим верхнюю и нижнюю границы доверительных интервалов разброса зависимости влияния V_T АТС на P_{H1} , рисунок 11.

Аналогичные расчёты были выполнены при перевозке грузов АТС на маршруте М3, схема которого представлена на рисунке 2.

Результаты распределения количества пробегов с грузом и холостых пробегов в интервалах изменения V_T АТС и наблюдаемые при этих интервалах $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ и $P_{\text{мал}}^{\Delta}$, полученные на маршруте М3 при перевозке груза АТС, представлены в приложении А, таблица А.3.

На основании полученных значений $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ и $P_{\text{мал}}^{\Delta}$ от V_T построены графики опытной линии регрессии, рисунки 12, 13.

Полученные уравнения прямой линии зависимости влияния V_T АТС на $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ и $P_{\text{мал}}^{\Delta}$, представленные в таблицах 12, 13, изображены на рисунках 12, 13.

Аналогичные расчёты были выполнены при перевозке грузов в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ для схем маршрутов М1, М2, М3, М4.

Результаты распределения количества пробегов с грузом и холостых пробегов в интервалах изменения V_T и наблюдаемые при этих интервалах значения $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ и $P_{\text{мал}}^{\Delta}$, полученные для схем маршрутов М1, М2, М3, М4 при перевозке груза в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$, представлены в приложении А, таблицы А.2 и А.3.

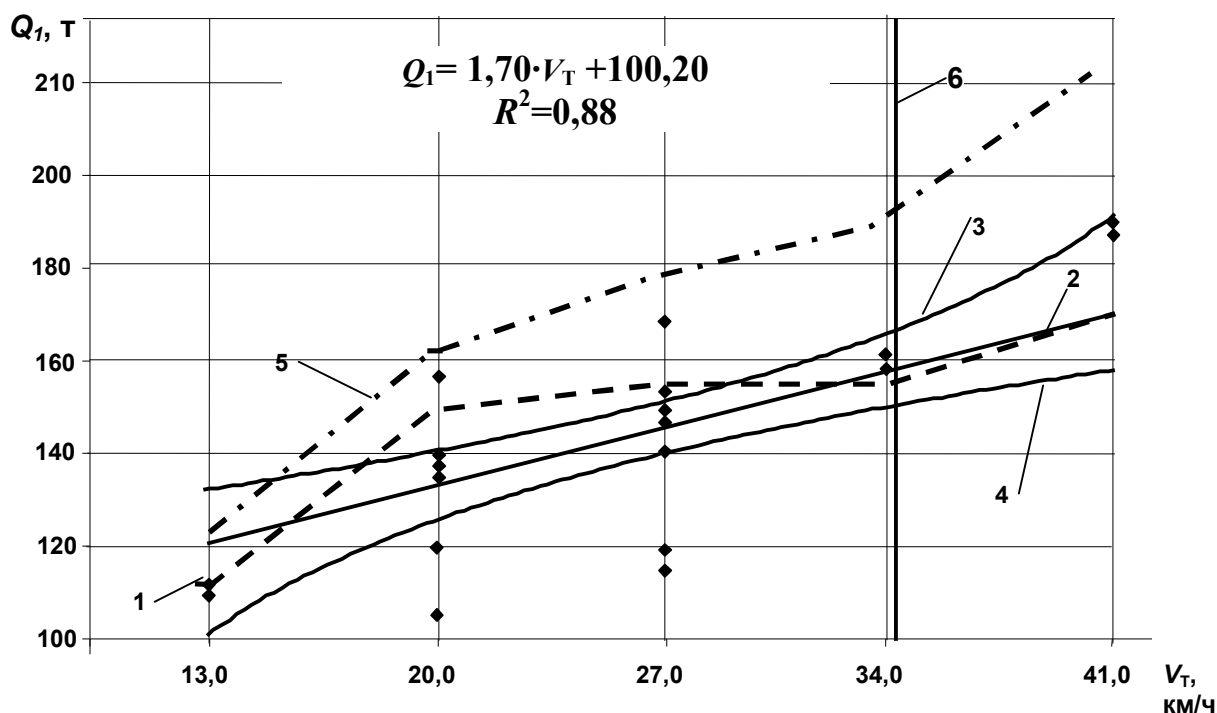


Рисунок 12 – Зависимость влияния V_T АТС на $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$: «•» – фактическая величина выработки согласно фотографиям рабочего дня; 1 – опытная линия регрессии; 2 – линия, выравнивающая вычисленную опытную; 3, 4 – соответственно верхняя и нижняя границы доверительного интервала; 5 – теоретическая линия, полученная по методике В.И. Николина; 6 – граница перехода ненасыщенной системы в насыщенную ($I = R$)

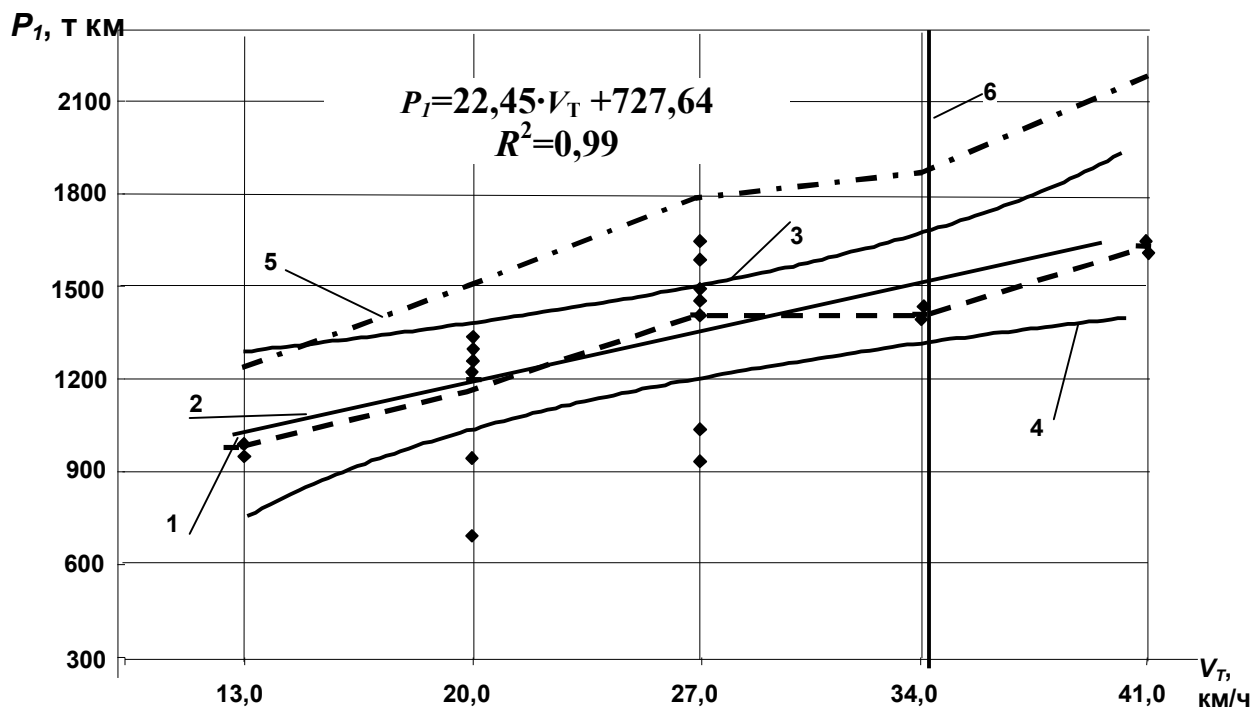


Рисунок 13 – Зависимость влияния V_T АТС на $P_{\text{мал}}^{\Delta}$: «•» – фактическая величина выработки согласно фотографиям рабочего дня; 1 – опытная линия регрессии; 2 – линия, выравнивающая вычисленную опытную; 3, 4 – соответственно верхняя и нижняя границы доверительного интервала; 5 – теоретическая линия, полученная по методике В.И. Николина; 6 – граница перехода ненасыщенной системы в насыщенную ($I = R$)

Результаты определения параметров уравнения прямолинейной однофакторной регрессионной зависимости влияния V_T АТС на $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты определения параметров уравнения однофакторной регрессионной зависимости влияния V_T АТС на $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$

Код схемы маршрута	Постоянная b_0	Коэффициент регрессии b_1	Уравнение регрессии
Маятниковые маршруты			
М1	2,06	79,81	$Q_1 = 2,06 \cdot V_T + 79,81$
М2	1,17	70,64	$Q_1 = 1,17 \cdot V_T + 70,64$
М3	1,70	100,20	$Q_1 = 1,70 \cdot V_T + 100,20$
Кольцевой маршрут			
М4	1,12	23,67	$Q_1 = 1,12 \cdot V_T + 23,67$

Таблица 12 – Результаты расчета верхней и нижней границ доверительного интервала разброса влияния V_T АТС на $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ при заданной доверительной вероятности 0,95

Код схемы маршрута	Первое сечение		Второе сечение		Третье сечение		Четвертое сечение	
	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница
Маятниковые маршруты								
М1	126	86	134	120	153	141	187	148
М2	97	74	102	92	113	105	132	109
М3	143	101	146	131	162	150	194	152
Кольцевой маршрут								
М4	51	25	53	44	64	56	84	58

Таблица 13 – Результаты расчета верхней и нижней границ доверительного интервала разброса влияния V_T АТС на $P_{\text{мал}}^{\Delta}$ при заданной доверительной вероятности 0,95

Код схемы маршрута	Первое сечение		Второе сечение		Третье сечение		Четвертое сечение	
	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница
Маятниковые маршруты								
М1	1258	864	1315	1171	1486	1367	1806	1412
М2	1103	714	1213	1030	1403	1265	1742	1353
М3	1238	800	1321	1166	1533	1403	1912	1473
Кольцевой маршрут								
М4	746	411	802	684	957	858	1240	905

Анализ прямолинейной однофакторной регрессии позволил выявить дисперсии зависимой переменной V_T АТС на $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$, объясняемую рассматриваемыми моделями с помощью коэффициента детерминации:

$$R_{M1Q}^2 = 0,98; R_{M2Q}^2 = 0,99; R_{M3Q}^2 = 0,88; R_{M4Q}^2 = 0,95.$$

По величине коэффициентов детерминации делаем заключение, что их значения достаточно высокие.

При анализе модели зависимости влияния V_T АТС на $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$, записанной в виде уравнения прямой линии применительно к схемам маршрутов М1, М2, М3, М4 были получены значения критерия Фишера при $\alpha=0,05$, который записывается в виде альтернативного условия, отвечающего правосторонней критической области: $F_{on1}=0,05$; $F_{on2}=0,08$; $F_{on3}=0,98$; $F_{on4}=0,47$.

Гипотеза об адекватности модели исследуемому процессу не отвергается.

Результаты определения параметров уравнения однофакторной регрессионной зависимости влияния V_T АТС на $P_{\text{мал}}^{\Delta}$ представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты определения параметров уравнения однофакторной регрессионной зависимости влияния V_T АТС на $P_{\text{мал}}^{\Delta}$

Маршрут	Постоянная b_0	Коэффициент регрессии b_1	Уравнение регрессии
Маятниковые маршруты			
М1	18,27	823,69	$P_1 = 18,27 \cdot V_T + 823,69$
М2	21,30	631,93	$P_1 = 21,30 \cdot V_T + 631,93$
М3	22,45	727,64	$P_1 = 22,45 \cdot V_T + 727,64$
Кольцевой маршрут			
М4	16,45	365,34	$P_1 = 16,45 \cdot V_T + 365,34$

Анализ прямолинейной однофакторной регрессии позволил выявить дисперсии зависимой переменной V_T АТС на $P_{\text{мал}}^{\Delta}$, объясняемую рассматриваемыми моделями с помощью коэффициента детерминации:

$$R_{M1P}^2 = 0,99; R_{M2P}^2 = 0,98; R_{M3P}^2 = 0,99; R_{M4P}^2 = 0,96.$$

По величине коэффициентов детерминации делаем заключение, что их значения достаточно высокие.

При анализе зависимости влияния V_T АТС на $P_{\text{мал}}^{\Delta}$, записанной в виде уравнения прямой линии применительно к схемам маршрутов М1, М2, М3, М4 были получены значения критерия Фишера при $\alpha=0,05$, который записывается в виде альтернативного условия, отвечающего правосторонней критической области: $F_{\text{он}1}=0,03$; $F_{\text{он}2}=0,15$; $F_{\text{он}3}=0,04$; $F_{\text{он}4}=0,41$.

Гипотеза об адекватности математической модели исследуемому процессу не отвергается.

В результате приведённого исследования:

- экспериментально доказано, что закон нормального распределения и параметры его числовых характеристик для случайной величины V_T определяют процесс изменения $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ и $P_{\text{мал}}^{\Delta}$ АТС при перевозке грузов в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$;

- с использованием регрессионного анализа установлены зависимости влияния V_T АТС на $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ и $P_{\text{мал}}^{\Delta}$ при перевозке грузов в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$;

- отклонения между величинами $Q(P)$ при изменении V_T , полученными по методике В.И. Николина, и величинами $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ ($P_{\text{мал}}^{\Delta}$) составляют от 2,2 до 22,6 % (от 25,1 до 32,0 %).

2.3 Исследование влияния времени простоя под погрузкой-выгрузкой на результаты функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств

Для подтверждения нормального закона распределения $t_{не}$ применительно к перевозке грузов АТС в $S_{мал}^{\Delta}$ были выполнены натурные наблюдения и составлены фотографии рабочего дня каждого АТС.

В период наблюдений перевозка осуществлялась для схемы маршрута МЗ, которая представлена на рисунке 2.

При обработке данных был произведён количественный анализ вероятностных процессов, а также выполнены доверительные оценки этих процессов.

По фотографиям рабочего дня построено расписание работы АТС в отдельный день, из которого видно различное время выполнения погрузки-выгрузки (рисунок 14).

Из рисунка 14 видно, что возникает время ожидания в пунктах погрузки и выгрузки из-за того, что среднее значение $t_{не}$ отличается от значения времени погрузки (выгрузки) отдельного АТС во времени конкретной ездки.

Фиксируемые значения $t_{не}$ во время отдельной ездки с грузом и холостых пробегов представлены в виде вариационного ряда в приложении А, таблица А.1. Величины математического ожидания $t_{не}$: $\bar{x} = 1,01$ ч. Дисперсии математического ожидания $t_{не}$: $\bar{\sigma}^2 = 0,0025$ км/ч. Среднее квадратическое отклонение $t_{не}$: $\bar{\sigma} = 0,05$ ч. Коэффициент вариации $t_{не}$: $V=19,81$. Число равных интервалов, на которое следует разбить весь диапазон значений, определяется по формуле (29). Число интервалов $K = 6$.

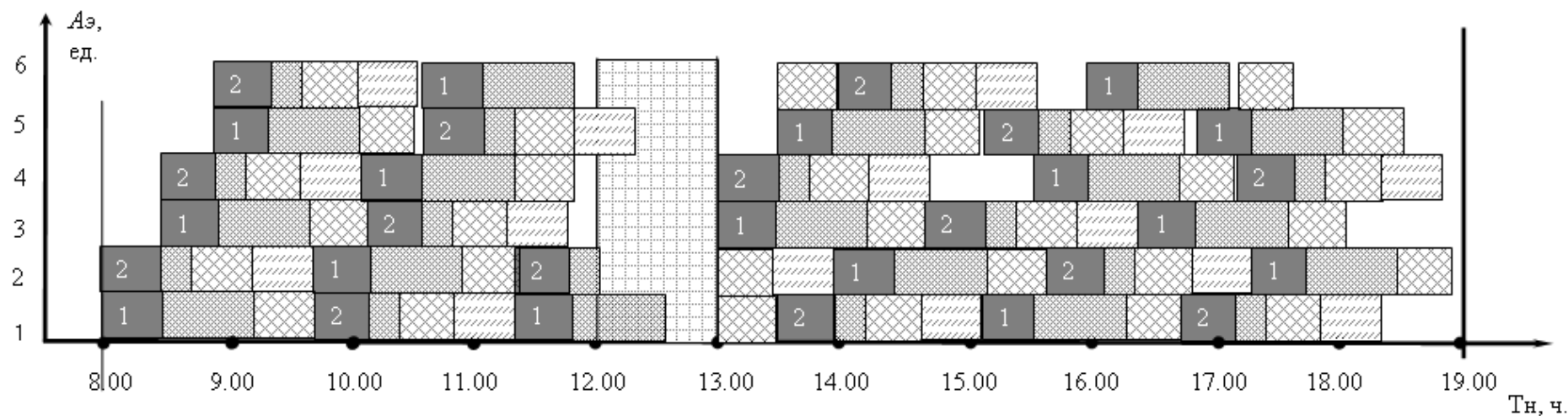


Рисунок 14 – Расписание работы АТС, построенное по результатам натурных наблюдений при изменении $t_{гв}$:

1 – погрузка в П1;
 – движение с грузом;
 – движение без груза;
 – выгрузка;
 – ожидание;
 – обед грузовых пунктов;
 – движение без груза в гараж.

АТС марки КамАЗ-4326 расстояние перевозок груза в прямом направлении – 15 км (перевозка кирпича); расстояние перевозок груза в обратном направлении – 5 км (бетонные изделия); пробег без груза – 10 км; фактическая загрузка АТС – 5 т; время простоя при погрузке – 0,5 ч; плановое время работы – 10 ч; время простоя при выгрузке АТС – 0,5 ч. АТС подаются на первую погрузку в начале смены во все грузовые пункты одновременно.

При анализе $t_{не}$ было получено значение критерия Пирсона $\chi^2=4,15$.

Гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается.

Критерий В.И. Романовского, отвечающий правосторонней критической области: $k_{pM3}=0,053$. Гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается.

Для левосторонней критической области использовался критерий А.Н. Колмогорова. В результате вычислений $\lambda_{M3}=0,761$. Делается вывод о том, что гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому закону не отвергается.

Доверительные границы для $\bar{x}$ с заданной вероятностью 95 %:

$$\bar{x}_g = 1,02; \bar{x}_h = 0,99 \text{ ч.}$$

Доверительные границы для $\bar{\sigma}$ с вероятностью 95%:

$$\bar{\sigma}_g = 0,065 \text{ ч; } \bar{\sigma}_h = 0,035 \text{ ч.}$$

Исследования были проведены для схем маршрутов М1, М2, М4. Данные для определения параметров закона нормального распределения $t_{не}$, полученные для схем маршрутов М1, М2, М4 при перевозке груза АТС, представлены в приложении А, таблица А.1.

Значения параметров закона нормального распределения $t_{не}$, полученные в $S_{мал}^{\Delta}$ при перевозке груза АТС, представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Значения математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения для $t_{не}$ АТС, полученные в $S_{мал}^{\Delta}$

Код схемы маршрута	Математическое ожидание $\bar{x}$	Дисперсия σ^2	Среднее квадратическое отклонение σ
Маятниковые маршруты			
М1	0,96 ч	0,0025	0,05 ч
М2	0,97 ч	0,0025	0,05 ч
М3	1,01 ч	0,0025	0,05 ч
Кольцевой маршрут			
М4	1,02 ч	0,0081	0,09 ч

При анализе $t_{нв}$ были получены значения критерия Пирсона на каждом маршруте: $\chi_{M1}^2=3,56$; $\chi_{M2}^2=3,96$; $\chi_{M3}^2=4,15$; $\chi_{M4}^2=0,53$. Гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается.

При анализе $t_{нв}$ были получены значения критерия В.И. Романовского на каждом маршруте: $k_{pM1}=-0,15$; $k_{pM2}=-0,01$; $k_{pM3}=0,053$; $k_{pM4}=-1,23$. Гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается.

При анализе $t_{нв}$ были получены значения критерия А.Н. Колмогорова на каждом маршруте: $\lambda_{M1}=0,623$; $\lambda_{M2}=0,734$; $\lambda_{M3}=0,761$; $\lambda_{M4}=0,697$. Гипотеза о принадлежности опытных данных к рассматриваемому вероятностному закону не отвергается.

Значения параметров закона нормального распределения, полученные на маятниковых и кольцевых маршрутах с вероятностью 0,95, представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Значения параметров закона нормального распределения для $t_{нв}$, полученные в $S_{мал}^{\Delta}$ с вероятностью 0,95

Код схемы маршрута	Верхняя граница математического ожидания	Нижняя граница математического ожидания	Верхняя граница среднего квадратического отклонения	Нижняя граница среднего квадратического отклонения
Маятниковые маршруты				
M1	0,97 ч	0,94 ч	0,065 ч	0,035 ч
M2	0,98 ч	0,95 ч	0,065 ч	0,035 ч
M3	1,02 ч	0,99 ч	0,065 ч	0,035 ч
Кольцевые маршруты				
M4	1,04 ч	0,99 ч	0,11 ч	0,063 ч

После проведения вероятностного анализа статистического материала был проведён регрессионный анализ.

С учётом выполнения погрузки-выгрузки были фиксированы значения Q_{H1} и P_{H1} в интервалах изменения значений $t_{нв}$ во время выполнения ездов АТС (приложение А, таблица А.4).

С использованием формул (33), (34) было получено искомое уравнение однофакторной регрессионной зависимости влияния $t_{нв}$ АТС на Q_{H1} , которое имеет вид $Q_{H1} = -56,84 \cdot t_{нв} + 78,40$. Прямая линия, построенная по полученному уравнению, представлена на рисунке 15.

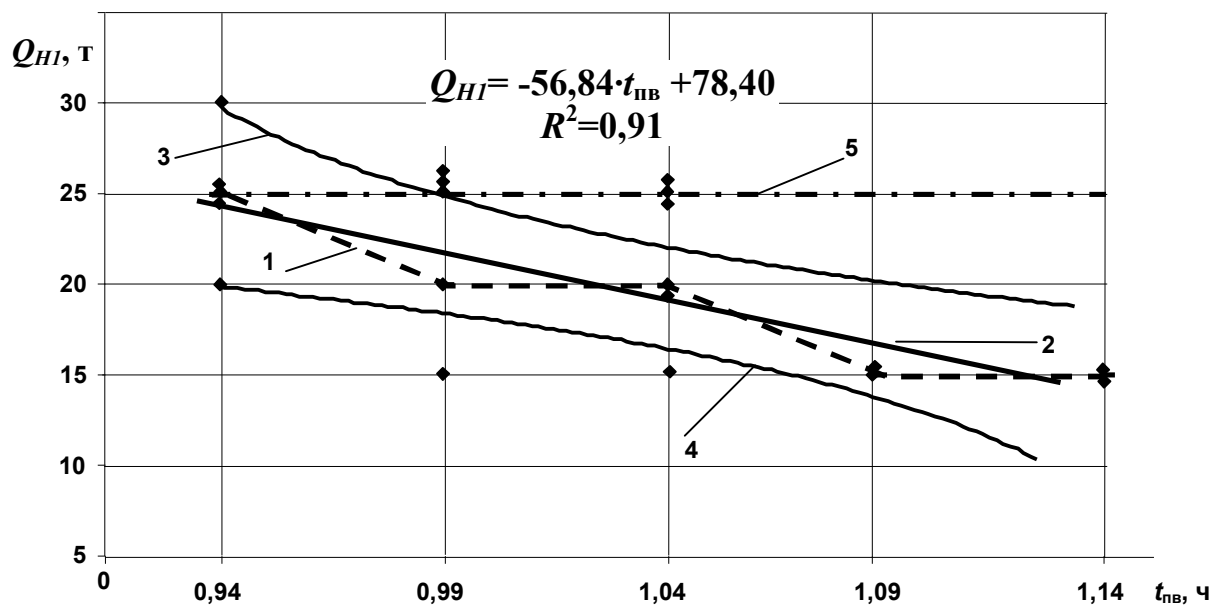


Рисунок 15 – Зависимость влияния $t_{нв}$ АТС на Q_{H1} : «•» – фактическая величина выработки согласно фотографиям рабочего дня; 1 – опытная линия регрессии; 2 – линия, выравнивающая вычисленную опытную; 3, 4 – соответственно верхняя и нижняя границы доверительного интервала; 5 – теоретическая линия, полученная по методике В.И. Николина

С использованием формул (33), (34) было получено искомое уравнение прямолинейной однофакторной регрессионной зависимости влияния $t_{нв}$ АТС на P_{H1} , которое имеет вид $P_{H1} = -238,31 \cdot t_{нв} + 404,44$.

Прямая линия, построенная по полученному уравнению зависимости влияния $t_{нв}$ АТС на P_{H1} , представлена на рисунке 16.

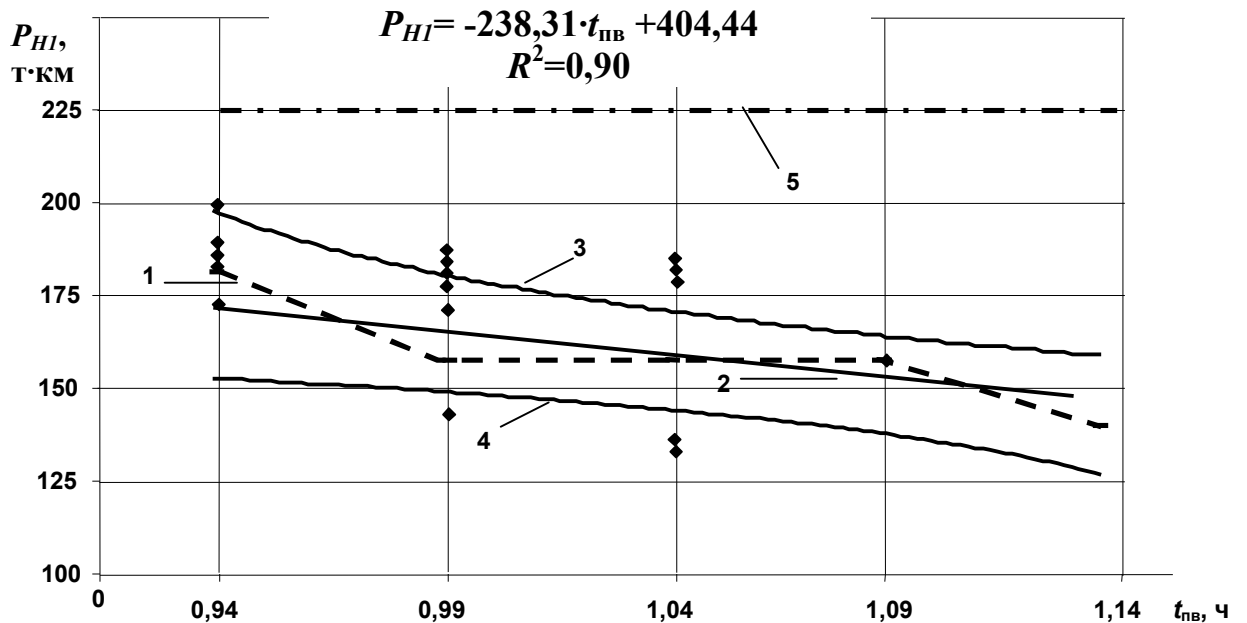


Рисунок 16 – Зависимость влияния $t_{пв}$ на P_{H1} : «♦» – фактическая величина выработки согласно фотографиям рабочего дня; 1 – опытная линия регрессии; 2 – линия, выравнивающая вычисленную опытную; 3, 4 – соответственно верхняя и нижняя границы доверительного интервала; 5 – теоретическая линия, полученная по методике В.И. Николина

Определение коэффициента детерминации, который показывает дисперсию влияния $t_{нв}$ АТС на Q_{H1} , объясняемую рассматриваемой моделью, осуществлялось по формуле (39). $R^2 = 0,91$.

Коэффициент детерминации для линейной однофакторной зависимости влияния $t_{нв}$ АТС на P_{H1} : $R^2 = 0,90$.

Табличное значение критерия Фишера при $\alpha=0,05$ для уравнения

$$Q_{H1} = -56,84 \cdot t_{нв} + 78,40 \text{ составляет } F_{табл} = 1,6.$$

$$F_{он} = 0,188 < F_{табл} = 1,6.$$

$$P_{H1} = -238,31 \cdot t_{нв} + 404,44 \text{ составляет } F_{табл} = 1,6.$$

$$F_{он} = 0,176 < F_{табл} = 1,6.$$

Следовательно, зависимости влияния $t_{нв}$ АТС на Q_{H1} и P_{H1} , записанные в виде уравнений прямой линии, адекватно описывают исследуемый процесс.

Полуширина доверительного интервала в каждом сечении графиков, представленных на рисунках 15, 16, определяется с помощью формулы (41). Результаты расчета представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты расчета верхней и нижней границ доверительного интервала разброса влияния $t_{не}$ АТС на Q_{H1} и P_{H1} на маршруте МЗ при заданной доверительной вероятности 0,95

Зависимая переменная	Первое сечение		Второе сечение		Третье сечение		Четвертое сечение	
	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница
Q_{H1}	29	19	25	18	22	15	19	11
P_{H1}	199	156	182	149	169	138	158	121

На основании полученных значений $Q_{мал}^{\Delta}$ и $P_{мал}^{\Delta}$ от $t_{не}$ для маршрута МЗ в каждом сечении графика для АТС (приложение А, таблица А.6), построены графики опытной линии регрессии (рисунки 17, 18).

Пример расчета Q и P на маршруте МЗ и результаты расчета по методике В.И. Николина представлены в приложении В. Теоретическая линия зависимости $t_{не}$ АТС на Q и P , полученная по методике В.И. Николина представлена на рисунках 15–18. Результаты расчета отклонений между величинами $Q(P)$ при изменении $t_{не}$, полученными по методике В.И. Николина, и величинами $Q_{мал}^{\Delta}$ ($P_{мал}^{\Delta}$) составляют от 3,1 до 51,6 % (от 5,3 до 44,3 %) (приложение В, таблица В.4).

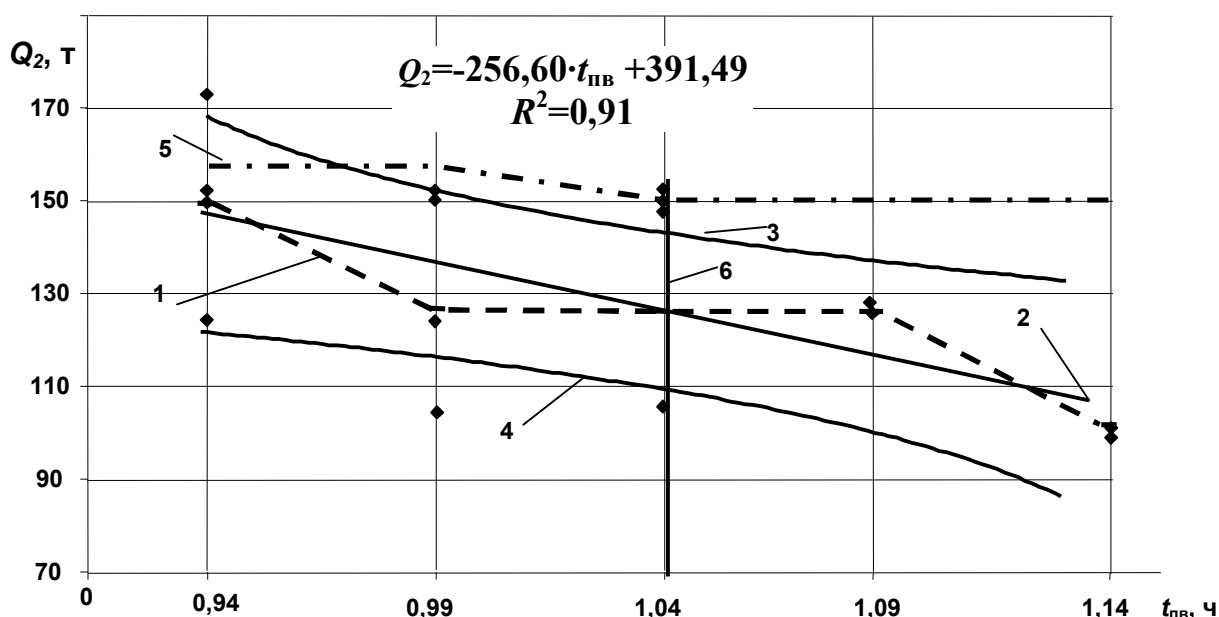


Рисунок 17 – Зависимость влияния $t_{пв}$ АТС на $Q_{мал}^{\Delta}$: «♦» – фактическая величина выработки согласно фотографиям рабочего дня; 1 – опытная линия регрессии; 2 – линия, выравнивающая вычисленную опытную; 3, 4 – соответственно верхняя и нижняя границы доверительного интервала; 5 – теоретическая линия, полученная по методике В.И. Николина; 6 – граница перехода ненасыщенной системы в насыщенную ($I = R$).

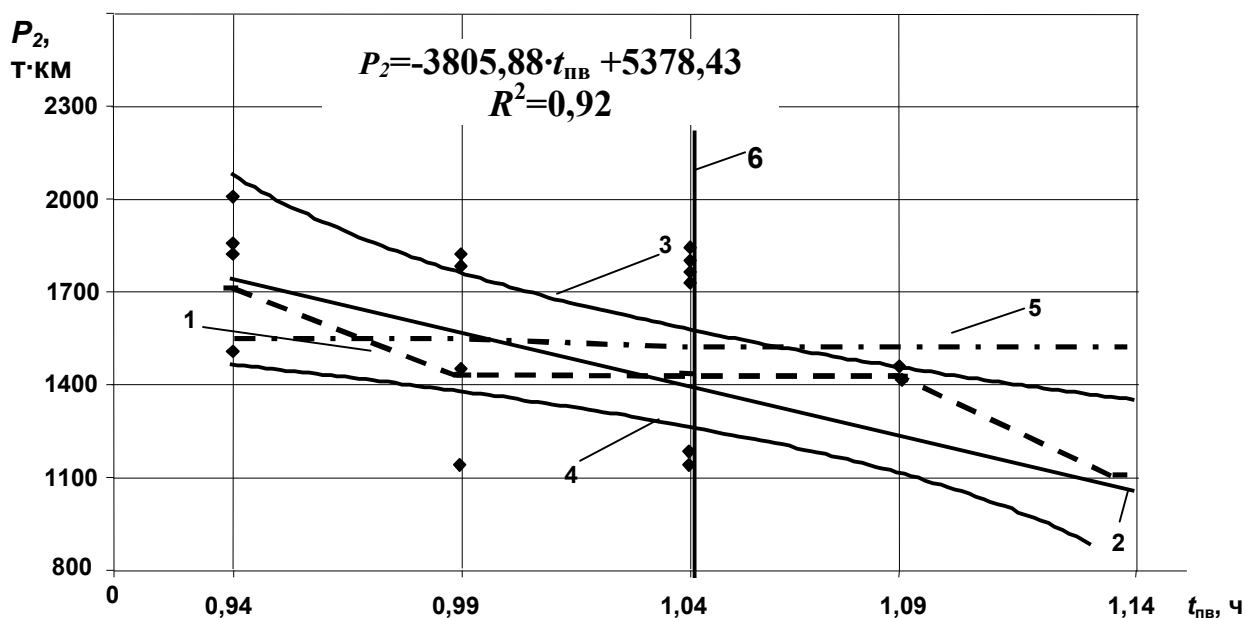


Рисунок 18 – Зависимость влияния $t_{пв}$ АТС на $P_{мал}^{\Delta}$: «♦» – фактическая величина выработки согласно фотографиям рабочего дня; 1 – опытная линия регрессии; 2 – линия, выравнивающая вычисленную опытную; 3, 4 – соответственно верхняя и нижняя границы доверительного интервала; 5 – теоретическая линия, полученная по методике В.И. Николина; 6 – граница перехода ненасыщенной системы в насыщенную ($I = R$).

В таблицах 18 и 19 представлены полученные уравнения прямой линии зависимости влияния $t_{нв}$ АТС на $Q_{мал}^{\Delta}$ и $P_{мал}^{\Delta}$ для маршрутов М1, М2, М3, М4. На рисунках 17, 18 изображены зависимости влияния $t_{нв}$ АТС на $Q_{мал}^{\Delta}$ и $P_{мал}^{\Delta}$ для маршрута М3.

Анализ прямолинейной однофакторной регрессии позволил выявить дисперсии зависимой переменной $t_{нв}$ АТС на $Q_{мал}^{\Delta}$, объясняемую рассматриваемыми моделями с помощью коэффициента детерминации:

$$R_{M1Q}^2 = 0,91; R_{M2Q}^2 = 0,99; R_{M3Q}^2 = 0,91; R_{M4Q}^2 = 0,97.$$

При анализе математической модели зависимости влияния $t_{нв}$ АТС на $Q_{мал}^{\Delta}$, записанной в виде уравнения прямой линии применительно к схемам маршрутов М1, М2, М3, М4, были получены значения критерия Фишера при $\alpha=0,05$, который записывается в виде альтернативного условия, отвечающего правосторонней критической области: $F_{он1}=0,024 < F_{табл}=1,6$; $F_{он2}=0,003 < F_{табл}=1,6$; $F_{он3}=0,189 < F_{табл}=1,6$; $F_{он4}=0,021 < F_{табл}=1,6$.

Гипотеза об адекватности математической модели исследуемому процессу не отвергается.

Таблица 18 – Результаты определения параметров уравнения однофакторной регрессионной зависимости влияния $t_{нв}$ АТС на $Q_{мал}^{\Delta}$

Код схемы маршрута	Постоянная b_0	Коэффициент регрессии b_1	Уравнение регрессии
Маятниковые маршруты			
М1	-212,31	335,32	$Q_2 = -212,31 \cdot t_{нв} + 335,32$
М2	-137,41	257,11	$Q_2 = -137,41 \cdot t_{нв} + 257,11$
М3	-256,60	391,49	$Q_2 = -256,60 \cdot t_{нв} + 391,49$
Кольцевой маршрут			
М4	-217,03	339,86	$Q_2 = -217,03 \cdot t_{нв} + 339,86$

Анализ однофакторной регрессии позволил выявить дисперсии зависимой переменной $t_{нв}$ АТС на $P_{мал}^{\Delta}$, объясняемую рассматриваемыми уравнениями с помощью коэффициента детерминации:

$$R_{M1P}^2 = 0,94; R_{M2P}^2 = 0,99; R_{M3P}^2 = 0,92; R_{M4P}^2 = 0,96.$$

При анализе зависимости влияния $t_{не}$ АТС на $P_{мал}^{\Delta}$, записанной в виде уравнения прямой линии применительно к схемам маршрутов М1, М2, М3, М4, были получены значения критерия Фишера при $\alpha=0,05$, который записывается в виде альтернативного условия, отвечающего правосторонней критической области: $F_{он1}=0,14 < F_{табл}=1,6$; $F_{он2}=0,001 < F_{табл}=1,6$; $F_{он3}=0,21 < F_{табл}=1,6$; $F_{он4}=0,02 < F_{табл}=1,6$.

Гипотеза об адекватности уравнений регрессий исследуемому процессу не отвергается.

Таблица 19 – Результаты определения параметров уравнения однофакторной регрессионной зависимости $t_{не}$ АТС на $P_{мал}^{\Delta}$

Маршрут	Постоянная b_0	Коэффициент регрессии b_1	Уравнение регрессии
Маятниковые маршруты			
М1	-3620,50	5020,09	$P_2 = -3620,50 \cdot t_{пв} + 5020,09$
М2	-2297,21	3663,72	$P_2 = -2297,21 \cdot t_{пв} + 3663,72$
М3	-3805,88	5378,43	$P_2 = -3805,88 \cdot t_{пв} + 5378,43$
Кольцевой маршрут			
М4	-3395,36	4800,72	$P_2 = -3395,36 \cdot t_{пв} + 4800,72$

Исследуемые зависимости изменения $Q_{мал}^{\Delta}$ и $P_{мал}^{\Delta}$ при изменении фактора $t_{не}$ описываются случайной составляющей, представляющей собой коридор разброса функции отклика относительно ее среднего результата. Границы коридора (верхняя и нижняя) зависят от среднего квадратического отклонения $\sigma_{воспр}$ и заданной доверительной вероятности $P_{\delta} = 1 - \alpha$ (P_{δ} принимается 0,95). Полуширина доверительного интервала в каждом сечении графика определяется с помощью формулы (41).

Результаты расчета верхней и нижней границ доверительного интервала разброса $Q_{мал}^{\Delta}$ и $P_{мал}^{\Delta}$ для АТС в $S_{мал}^{\Delta}$ при $\alpha = 0,95$ представлены в таблице 20.

Результаты расчета верхней и нижней границ доверительного интервала разброса влияния t_{nv} АТС на $P_{мал}^{\Delta}$ в $S_{мал}^{\Delta}$ при $\alpha = 0,95$ представлены в таблице 21.

Таблица 20 – Результаты расчета верхней и нижней границ доверительного интервала разброса влияния t_{nv} АТС на $Q_{мал}^{\Delta}$ при заданной доверительной вероятности 0,95

Код схемы маршрута	Первое сечение		Второе сечение		Третье сечение		Четвертое сечение	
	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница
Маятниковые маршруты								
M1	151	115	136	109	126	98	116	82
M2	159	94	145	95	138	88	124	65
M3	168	127	150	119	136	107	123	89
Кольцевой маршрут								
M4	161	105	143	101	131	92	122	75

Таблица 21 – Результаты расчета верхней и нижней границ доверительного интервала разброса влияния t_{nv} АТС на $P_{мал}^{\Delta}$ при заданной доверительной вероятности 0,95

Код схемы маршрута	Первое сечение		Второе сечение		Третье сечение		Четвертое сечение	
	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница
Маятниковые маршруты								
M1	1849	1311	1600	1198	1419	1017	1247	755
M2	1965	997	1741	991	1626	876	1506	521
M3	2050	1474	1787	1357	1585	1178	1397	910
Кольцевой маршрут								
M4	1993	1156	1716	1093	1531	939	1385	677

В результате приведённого исследования:

- экспериментально доказано, что закон нормального распределения и параметры его числовых характеристик для случайной величины $t_{не}$ определяют процесс изменения $Q_{мал}^{\Delta}$ и $P_{мал}^{\Delta}$ АТС при перевозке грузов в $S_{мал}^{\Delta}$;
- с использованием регрессионного анализа установлены зависимости влияния $t_{не}$ АТС на $Q_{мал}^{\Delta}$ и $P_{мал}^{\Delta}$ при перевозке грузов в $S_{мал}^{\Delta}$;
- отклонения между величинами $Q(P)$ при изменении $t_{не}$, полученными по методике В.И. Николина, и величинами $Q_{мал}^{\Delta}$ ($P_{мал}^{\Delta}$) составляют от 3,1 до 51,6 % (от 5,3 до 44,3 %) (приложение В, таблица В.4).

Выводы по второй главе

1. Определены основные составляющие методики исследований. Установлено, что методологической базой теоретических и экспериментальных исследований является системный анализ, который позволяет всесторонне систематизировано изучить $S_{мал}^{\Delta}$ с учётом влияния на нее таких факторов, как V_T и $t_{не}$.
2. Введено понятие «неравномерность работы АТС», под которой следует понимать величину изменения выработки в тоннах и тонно-километрах, возникающую ежедневно в зависимости от влияния таких факторов, как V_T и $t_{не}$.
3. Выполнено обоснование факторов V_T и $t_{не}$, подлежащих исследованию путем логического исключения других факторов, оказывающих влияние на выработку в тоннах и тонно-километрах при функционировании $S_{мал}^{\Delta}$.

4. Экспериментально доказано, что закон нормального распределения и параметры его числовых характеристик случайных величин V_T и $t_{не}$ определяют процесс изменения выработки в тоннах и тонно-километрах при функционировании $S_{мал}^{\Delta}$.

5. Выявлены зависимости влияния V_T АТС и $t_{не}$ на результаты функционирования $S_{мал}^{\Delta}$, которые позволили установить границы доверительных интервалов выработки в тоннах и тонно-километрах, представленные в таблицах 12, 13, 20, 21 при доверительной вероятности 0,95.

6. Анализ выявленных зависимостей влияния V_T АТС и $t_{не}$ на результаты функционирования $S_{мал}^{\Delta}$ показал, что ранее разработанный математический аппарат не учитывает особенности функционирования малой АТСПГ и не позволяет с необходимой и достаточной точностью выполнить оперативное планирование перевозок грузов с учетом неравномерности работы АТС. Следовательно, для практического использования при оперативном планировании необходимо применять результаты представленных исследований.

3 РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАЛОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Процесс перевозок грузов в малой АТСПГ необходимо описать математической моделью, которая будет обладать обязательными свойствами, такими как конечность, адекватность, истинность, простота использования, согласованность со средой и другими.

Поскольку модели теории грузовых автомобильных перевозок должны позволять выполнять конкретные многовариантные расчеты, связанные с анализом, синтезом, проектированием (планированием) перевозок грузов, воспользуемся, в том числе, рекомендацией В.С. Лукинского в пользу применения аналитического подхода, являющегося универсальным [59, 63, 69 и др.].

Для оперативного планирования перевозок рассматриваются технически исправные АТС. Согласно документу «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава» и принятой в нём классификации условий эксплуатации, перевозка грузов осуществляется во II, III, IV, V категориях эксплуатации, которые характеризуют условия движения в городах. Категория условий эксплуатации АТС характеризуется типом дорожного покрытия, типом рельефа местности, по которой пролегает дорога, и условиями движения.

Необходимо создать модель функционирования $S_{\text{мал}}^{\Delta}$, которая может быть использована для каждого применяемого в ней маршрута, учитывая опыт разработки моделей других АТСПГ [86, 87 и др.].

Для моделирования используются следующие элементы системы: пункт погрузки, пункт разгрузки, маршрут, время работы $S_{\text{мал}}^{\Delta}$.

Разработанная модель позволяет планировать $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ и $P_{\text{мал}}^{\Delta}$ с учетом количества ездки, которое может выполнить каждое АТС. Величины $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ ($P_{\text{мал}}^{\Delta}$) представляют собой сумму Q_{Hi} (P_{Hi}). Время на выполнение каждой ездки является переменной величиной, так как включает в себя время движения с грузом (без груза), рассчитанное по V_T с учетом отклонений, $t_{\text{не}}$, рассчитанное с учетом отклонений. Модель позволяет спланировать перевозку грузов каждым АТС таким образом, чтобы исключить время ожидания на каждой ездке.

3.1 Модель функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств

Решение задачи выполним путем создания модели $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ с использованием результатов исследований (см. раздел 2) на основе достижений в теории грузовых автомобильных перевозок, установленных в обзоре (см. подраздел 1.2).

Время движения с грузом i -го АТС во времени j -й ездки, ч:

$$t_{\text{дг}i,j}^{\Delta} = \frac{l_{2i,j}}{V_{Ti,j} \pm \Delta_{Vi,j}}, \quad (42)$$

где j – номер ездки, $j = \overline{1; Z_{ei}}$, Z_{ei} – количество ездки i -го АТС за смену; i – порядковый номер АТС, $i = \overline{1; A_{\text{мал}}^{\Delta}}$, $A_{\text{мал}}^{\Delta}$ – требуемое количество АТС в малой АТСПГ; $V_{Ti,j}$ – средняя техническая скорость i -го АТС во времени j -й ездки, км/ч; $\Delta_{Vi,j}$ – отклонение средней технической скорости i -го АТС во времени j -й ездки, км/ч; $l_{2i,j}$ – пробег с грузом i -го АТС во времени j -й ездки, км.

Время движения без груза i -го АТС во времени j -й ездки, ч:

$$t_{\text{бг}i,j}^{\Delta} = \frac{l_{xi,j}}{V_{Ti,j} \pm \Delta_{Vi,j}}, \quad (43)$$

где $l_{xi,j}$ —пробег без груза i -го АТС во времени j -й ездки, км.

Время оборота i -го АТС включает величины времени движения с грузом и без груза с учётом показателей $t_{n\text{-}в}i,j \pm \Delta_{n\text{-}в}i,j$, ч:

$$t_{oi} = \sum_{j=1}^{Z_{ei}} (t_{\text{дг}i,j}^{\Delta} + t_{\text{бг}i,j}^{\Delta} + (t_{n\text{-}в}i,j \pm \Delta_{n\text{-}в}i,j)), \quad (44)$$

где $t_{n\text{-}в}i,j$ — время погрузки-выгрузки i -го АТС во времени j -й ездки, ч; $\Delta_{n\text{-}в}i,j$ — отклонение времени погрузки-выгрузки i -го АТС во времени j -й ездки, ч.

На основании времени оборота и количества АТС, планируемых к работе в малой АТСПГ ($A_{\text{мал}}^{\Delta}$), определяется интервал движения АТС, ч:

$$I = t_{oi} / A_{\text{мал}}^{\Delta}. \quad (45)$$

Ритм работы малой АТСПГ, ч:

$$R = \max(R_n^{\Delta}; R_{\text{в}}^{\Delta}), \quad (46)$$

где R_n^{Δ} , $R_{\text{в}}^{\Delta}$ — соответственно ритм выполнения погрузки, выгрузки, ч.

$$R_{n(\text{в})}^{\Delta} = \frac{\min_{j=1, Z_{ei}; i=1, A_{\text{мал}}^{\Delta}} (t_{n(\text{в})}i,j \pm \Delta_{n(\text{в})}i,j)}{X_{\text{П(В)}}}, \quad (47)$$

где $X_{\text{П(В)}}$ — количество постов погрузки (выгрузки), ед.

Величины I и R позволяют определить состояние малой АТСПГ (насыщенная или ненасыщенная) и спланировать время ожидания i -го АТС, ч:

$$t_{ож\,i} = \begin{cases} 0, \text{ если } I \geq R; \\ R - \text{mod}(t_{oi}; R), \text{ если } I < R. \end{cases} \quad (48)$$

Если малая АТСПГ насыщенная, то определяется полное время оборота для i -го АТС, ч:

$$t_{oi}^{\Delta} = t_{oi} + t_{ож\,i}. \quad (49)$$

Время работы i -го АТС, ч:

$$T_{Mi}^{\Delta} = T_c - R \cdot (i - 1), \quad (50)$$

где T_c – время работы системы, ч.

Количество ездов i -го АТС, ед.:

$$Z_{ei} = \left\lceil \frac{T_{Mi}^{\Delta}}{t_{oi}^{\Delta}} \right\rceil + Z'_{ei}, \quad (51)$$

где Z'_{ei} – количество ездов i -го АТС за оставшееся время на последнем обороте, ед.

$$Z'_{ei} = \begin{cases} 1, \text{ если } \text{mod}(T_{Mi}^{\Delta}; t_{oi}^{\Delta}) \geq \sum_{j=1}^{Z_{ei}} (t_{дг\,i,j}^{\Delta} + (t_{нв\,i,j} \pm \Delta_{нв\,i,j})); \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (52)$$

Выработка в тоннах i -го АТС

$$Q_{Hi}^{\Delta} = q_i \cdot \gamma_i \cdot Z_{ei}, \quad (53)$$

где $(q_i \cdot \gamma_i)$ – фактическая грузоподъемность i -го АТС.

Выработка в тонно-километрах i -го АТС

$$P_{Hi}^{\Delta} = Q_{Hi}^{\Delta} \cdot \sum_{j=1}^{Z_{ei}} l_{zi,j}. \quad (54)$$

Моделирование выполняется в условиях, когда объем перевозок по заказу (заявке) известен, в этом случае выработка в малой АТСПГ определяется, т:

$$Q_{\text{мал}}^{\Delta} = \min\{Q_{\text{пл}}; Q_{\text{max}}\}. \quad (55)$$

где $Q_{\text{пл}}$ – объем перевозок по заказу (заявке), т; Q_{max} – максимальное количество груза, перевозимое в малой АТСПГ, т.

$$Q_{\text{max}} = \sum_{i=1}^{A_{\text{мал}}^{\Delta}} (q_i \cdot \gamma_i) \cdot z_{e\text{max}}, \quad (56)$$

где $z_{e\text{max}}$ – максимальное количество машинозаездов, обслуженных грузоперерабатывающими пунктами, ед.

$$z_{e\text{max}} = (T_c - \sum_{i=1}^{A_{\text{мал}}^{\Delta}} \sum_{j=1}^{Z_{ei}} (t_{\text{дг}i,j}^{\Delta} - (t_{ei,j} \pm \Delta_{ei,j})) - t_{\text{ожп}} \cdot Z_{e,1}) / R, \quad (57)$$

где $t_{\text{ожп}}$ – простой грузоперерабатывающих пунктов в ожидании возврата первого АТС после обслуживания последнего выпущенного на линию АТС, ч; $Z_{e,1}$ – количество заездов в пункт погрузки первого выпущенного на линию АТС, ед.

$$t_{\text{ожп}} = R - \text{mod}(t_{oi}; R). \quad (58)$$

Выработка в малой АТСПГ при $Q_{нл} = Q_{max}$

$$Q_{мал}^{\Delta} = \sum_{i=1}^{A_{мал}^{\Delta}} Q_{Hi}^{\Delta} = Q_{max}; \quad (59)$$

Выработка в малой АТСПГ при $Q_{нл} < Q_{max}$

$$\sum_{i=1}^{A_{мал}^{\Delta}} Q_{Hi}^{\Delta} \in \{Q_{мал}^{\Delta}; Q_{мал}^{\Delta} + \Delta Q_{мал}^{\Delta}\}, \quad (60)$$

где $\Delta Q_{мал}^{\Delta}$ – величина неиспользованной грузоподъемности в случае некрatности $Q_{нл}$ и фактической грузоподъемности АТС, т.

Выработка в малой АТСПГ, т·км:

$$P_{мал}^{\Delta} = \sum_{i=1}^{A_{мал}^{\Delta}} P_{Hi}^{\Delta}. \quad (61)$$

План выполнен, если соблюдается условие

$$Q_{мал}^{\Delta} \geq Q_{нл}. \quad (62)$$

После проверки условия (61) определяются показатели работы i -го АТС (63, 64), а также показатели функционирования малой АТСПГ (65, 66).

$$L_{общ\ i}^{\Delta} = l_{н1\ i} + \left(\sum_{j=1}^{Z_{ei}} (l_{zi,j} + l_{xi,j}) \right) \cdot Z_{ei} + l_{н2\ i} - l_{xp\ i}, \quad (63)$$

где $L_{общ\ i}^{\Delta}$ – общий пробег i -го АТС; $l_{н1\ i}$, $l_{н2\ i}$ – пробег i -го АТС от автотранспортного предприятия до первого пункта погрузки и от последнего пункта разгрузки до автотранспортного предприятия соответственно, км; $l_{xp\ i}$ – пробег без груза i -го АТС во времени последней ездки, км.

Время в наряде i -го АТС, ч:

$$T_{ni}^{\Delta} = \frac{L_{общ\ i}^{\Delta}}{\sum_{j=1}^{Z_{ei}} (V_{Ti,j} \pm \Delta_{Vi,j})} + \sum_{j=1}^{Z_{ei}} (t_{н\ i,j} \pm \Delta_{н\ i,j}). \quad (64)$$

Пробег в малой АТСПГ, км:

$$L_{мал}^{\Delta} = \sum_{i=1}^{A_{мал}^{\Delta}} L_{общ\ i}^{\Delta}. \quad (65)$$

Время работы в малой АТСПГ, ч:

$$A_{чр} = \sum_{i=1}^{A_{мал}^{\Delta}} T_{ni}^{\Delta}. \quad (66)$$

Модель функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств применяется для маятниковых и кольцевых маршрутов.

Для маршрута, представленного на рисунке 19, время движения с грузом i -го АТС во времени j -й ездки определяется по формуле (42).

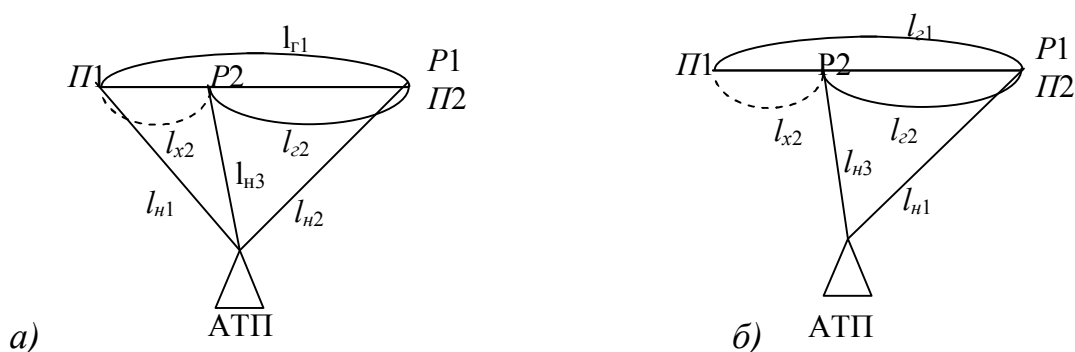


Рисунок 19 – Схема маятникового маршрута, с обратным груженым пробегом не на всем расстоянии перевозки груза (при условии $\gamma_1 = \gamma_2$) и нулевые пробеги: a – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П1; $б$ – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П2

Время движения без груза i -го АТС во времени j -й ездки определяется по формуле (43).

Время оборота для i -го АТС определяется по формуле (44).

Интервал движения АТС – по формуле (45), ритм работы малой АТСПГ – по формулам (46, 47).

В случае, если $I < R$ время ожидания i -го АТС определяется по формуле (48).

Если малая АТСПГ насыщенная, то определяется полное время оборота для i -го АТС (49).

Время работы i -го АТС определяется по формуле (50).

Количество ездов i -го АТС определяется по формулам (51), (52).

Выработка в тоннах i -го АТС определяется по формуле (53).

Выработка в тонно-километрах i -го АТС определяется по формуле (54).

Выработка в малой АТСПГ будет определяться по формулам (59), (60) с использованием формул (55)–(58).

Проверка выполнения плана осуществляется по формуле (62).

Пробег i -го АТС, подающего в П1, км:

$$L^{\Delta}_{общ\ i} = \begin{cases} l_{н1} + l_{з1} \cdot Z_{ei} + (l_{з2} + l_{х2}) \cdot Z_{ei} + l_{н3} - l_{х2}, & \text{если разгрузка в P2,} \\ l_{н1} + l_{з1} \cdot Z_{ei} + (l_{з2} + l_{х2}) \cdot Z_{ei} + l_{н2}, & \text{если разгрузка в P1} \end{cases} \quad (67)$$

Пробег i -го АТС, подающего в П2:

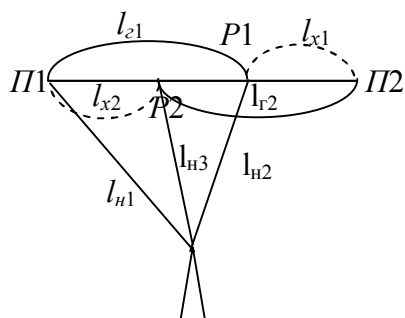
$$L^{\Delta}_{общ\ i} = \begin{cases} l_{н1} + (l_{з2} + l_{х2}) \cdot Z_{ei} + l_{з1} \cdot Z_{ei} + l_{н1}, & \text{если разгрузка в P1,} \\ l_{н1} + (l_{з2} + l_{х2}) \cdot Z_{ei} + l_{з1} \cdot Z_{ei} + l_{н3} - l_{х2}, & \text{если разгрузка в P2.} \end{cases} \quad (68)$$

Время в наряде i -го АТС определяется по формуле (64).

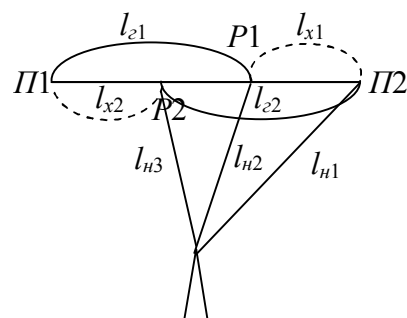
Пробег в $S^{\Delta}_{мал}$ определяется по формуле (65).

Время работы в $S^{\Delta}_{мал}$ определяется по формуле (66).

Для маршрута, представленного на рисунках 20–23, время движения с грузом i -го АТС во времени j -й ездки определяется по формуле (42).

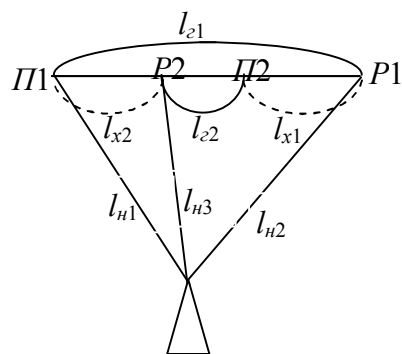


а)

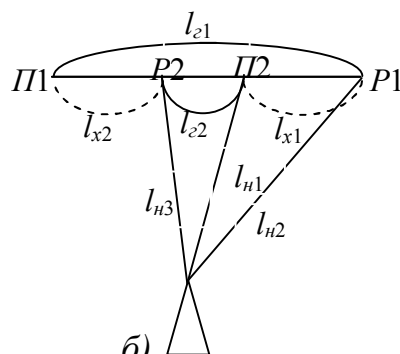


б)

Рисунок 20 – Схема маятникового маршрута, с обратным груженым пробегом не на всем расстоянии перевозки груза (при условии $\gamma_1 = \gamma_2$) и нулевые пробеги: а – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П1; б – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П2

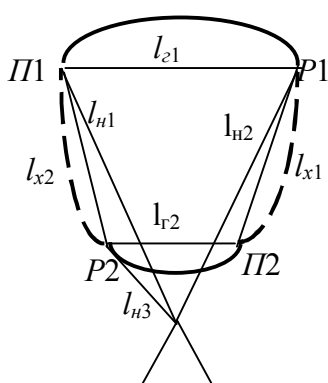


а)

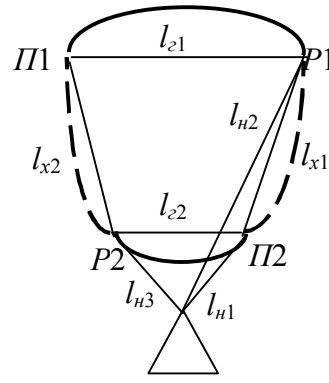


б)

Рисунок 21 – Схема маятникового маршрута, с обратным груженым пробегом не на всем расстоянии перевозки груза (при условии $\gamma_1 = \gamma_2$) и нулевые пробеги: а – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П1; б – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П2



а)



б)

Рисунок 22 – Кольцевой маршрут (при условии $\gamma_1 \neq \gamma_2$): а – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П1; б – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П2

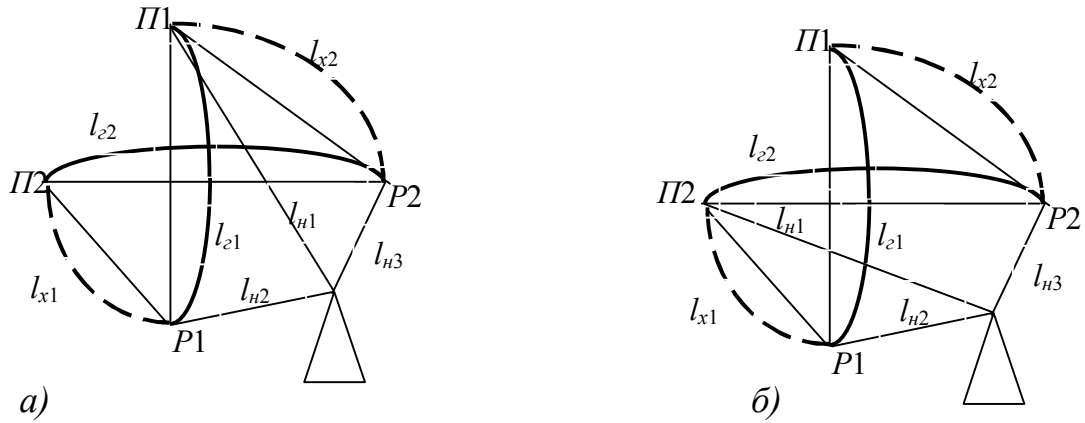


Рисунок 23 – Кольцевой маршрут (при условии $\gamma_1 \neq \gamma_2$): а – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П1; б – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П2

Время движения без груза i -го АТС во времени j -й ездки определяется по формуле (43).

Время оборота для i -го АТС определяется по формуле (44).

Интервал движения АТС – по формуле (45), ритм работы малой АТСПГ – по формулам (46, 47).

В случае если $I < R$, время ожидания i -го АТС определяется по формуле (48).

Если малая АТСПГ насыщенная, то определяется полное время оборота для i -го АТС (49).

Время работы i -го АТС определяется по формуле (50).

Количество ездов i -го АТС определяется по формулам (51), (52).

Выработка в тоннах i -го АТС определяется по формуле (53).

Выработка в тонно-километрах i -го АТС определяется по формуле (54).

Выработка в малой АТСПГ будет определяться по формулам (59), (60) с использованием формул (55)–(58).

Проверка выполнения плана осуществляется по формуле (62).

Пробег i -го АТС, подающего в П1, км:

$$L^{\Delta}_{общ\ i} = \begin{cases} l_{н1} + (l_{з1} + l_{х1}) \cdot Z_{ei} + (l_{з2} + l_{х2}) \cdot Z_{ei} + l_{н3} - l_{х2}, & \text{если разгрузка в P2,} \\ l_{н1} + (l_{з1} + l_{х1}) \cdot Z_{ei} + (l_{з2} + l_{х2}) \cdot Z_{ei} - l_{х1} + l_{н2}, & \text{если разгрузка в P1} \end{cases} \quad (69)$$

Пробег i -го АТС, подающего в П2, км:

$$L^{\Delta}_{общ\ i} = \begin{cases} l_{н1} + (l_{з2} + l_{х2}) \cdot Z_{ei} + (l_{з1} + l_{х1}) \cdot Z_{ei} - l_{х1} + l_{н2}, & \text{если разгрузка в P1,} \\ l_{н1} + (l_{з1} + l_{х1}) \cdot Z_{ei} + (l_{з2} + l_{х2}) \cdot Z_{ei} + l_{н3} - l_{х2}, & \text{если разгрузка в P2.} \end{cases} \quad (70)$$

Время в наряде i -го АТС определяется по формуле (64).

Пробег в $S^{\Delta}_{мал}$ определяется по формуле (65).

Время работы в $S^{\Delta}_{мал}$ определяется по формуле (66).

Для маршрута, представленного на рисунке 24, время движения с грузом i -го АТС во времени j -й ездки определяется по формуле (42).

Время движения без груза i -го АТС во времени j -й ездки определяется по формуле (43).

Время оборота для i -го АТС определяется по формуле (44).

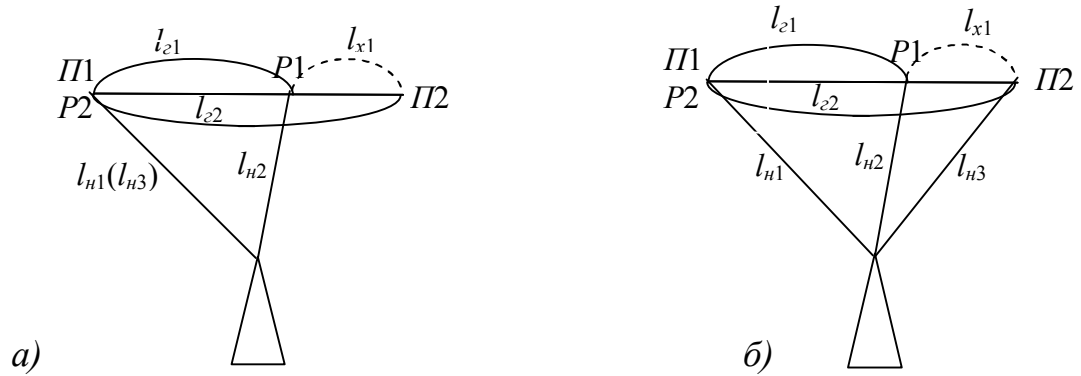


Рисунок 24 – Схема маятникового маршрута, с обратным груженым пробегом не на всем расстоянии перевозки груза (при условии $\gamma_1 = \gamma_2$) и нулевые пробеги: а – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П1; б – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П2

Интервал движения АТС определяется по формуле (45), ритм работы малой АТСПГ – по формулам (46), (47).

В случае если $I < R$, время ожидания i -го АТС определяется по формуле (48).

Если малая АТСПГ насыщенная, то определяется полное время оборота для i -го АТС (49).

Время работы i -го АТС определяется по формуле (50).

Количество ездов i -го АТС определяется по формулам (51), (52).

Выработка в тоннах i -го АТС определяется по формуле (53).

Выработка в тонно-километрах i -го АТС определяется по формуле (54).

Выработка в малой АТСПГ будет определяться по формулам (59), (60) с использованием формул (55)–(58).

Проверка выполнения плана осуществляется по формуле (62).

Пробег i -го АТС, подающего в П1, км:

$$L^{\Delta}_{общ\ i} = \begin{cases} l_{н1} + (l_{з1} + l_{х1}) \cdot Z_{ei} + l_{з2} \cdot Z_{ei} + l_{н1}(l_{н3}), \text{если разгрузка в P2,} \\ l_{н1} + (l_{з1} + l_{х1}) \cdot Z_{ei} + l_{з2} \cdot Z_{ei} - l_{х1} + l_{н2}, \text{если разгрузка в P1} \end{cases} \quad (71)$$

Пробег i -го АТС подающего в П2, км:

$$L^{\Delta}_{общ\ i} = \begin{cases} l_{н3} + l_{з2} \cdot Z_{ei} + (l_{з1} + l_{х1}) \cdot Z_{ei} + l_{н1}, \text{если разгрузка в P2,} \\ l_{н3} + l_{з2} \cdot Z_{ei} + (l_{з1} + l_{х1}) \cdot Z_{ei} + l_{н2} - l_{х1}, \text{если разгрузка в P1.} \end{cases} \quad (72)$$

Время в наряде i -го АТС определяется по формуле (64).

Пробег в $S^{\Delta}_{мал}$ определяется по формуле (65), км.

Время работы в $S^{\Delta}_{мал}$ определяется по формуле (66), ч.

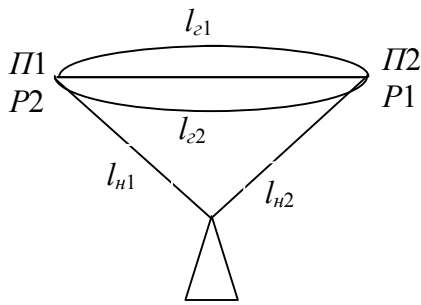
Для маршрута, представленного на рисунках 25, 26, время движения с грузом i -го АТС во времени j -й ездки определяется по формуле (42).

Время движения без груза i -го АТС во времени j -й ездки определяется по формуле (43).

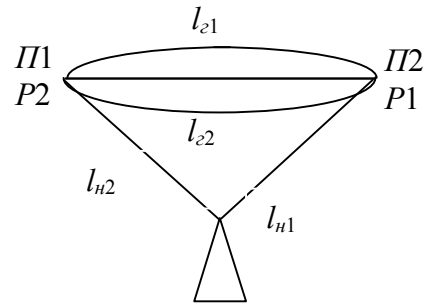
Время оборота для i -го АТС определяется по формуле (44).

Интервал движения АТС – по формуле (45), ритм работы малой АТСПГ – по формулам (46), (47).

В случае если $I < R$, время ожидания i -го АТС определяется по формуле (48).

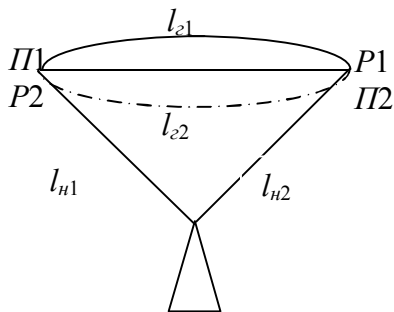


a)

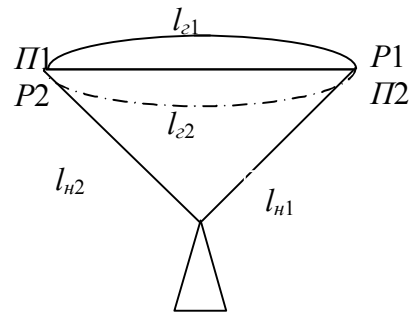


б)

Рисунок 25 – Схема маятникового маршрута, с обратным груженым пробегом (при условии $\gamma_1 = \gamma_2$) и нулевые пробеги: *a* – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П1; *б* – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П2



a)



б)

Рисунок 26 – Схема маятникового маршрута, с обратным груженым пробегом (при условии $\gamma_1 \neq \gamma_2$) и нулевые пробеги: *a* – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П1; *б* – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П2

Время работы *i*-го АТС определяется по формуле (50).

Количество ездов *i*-го АТС определяется по формулам (51), (52).

Выработка в тоннах *i*-го АТС определяется по формуле (53).

Выработка в тонно-километрах *i*-го АТС определяется по формуле (54).

Выработка в малой АТСПГ будет определяться по формулам (59), (60) с использованием формул (55)–(58).

Проверка выполнения плана осуществляется по формуле (62).

Пробег i -го АТС, подающего в П1, км:

$$L^{\Delta}_{общ\ i} = \begin{cases} l_{н1} + l_{з1} \cdot Z_{ei} + l_{з2} \cdot Z_{ei} + l_{н1}, & \text{если разгрузка в P2,} \\ l_{н1} + l_{з1} \cdot Z_{ei} + l_{з2} \cdot Z_{ei} + l_{н2}, & \text{если разгрузка в P1.} \end{cases} \quad (73)$$

Пробег i -го АТС, подающего в П2:

$$L^{\Delta}_{общ\ i} = \begin{cases} l_{н1} + l_{з2} \cdot Z_{ei} + l_{з1} \cdot Z_{ei} + l_{н1}, & \text{если разгрузка в P1,} \\ l_{н1} + l_{з2} \cdot Z_{ei} + l_{з1} \cdot Z_{ei} + l_{н2}, & \text{если разгрузка в P2.} \end{cases} \quad (74)$$

Время в наряде i -го АТС определяется по формуле (64).

Пробег в $S^{\Delta}_{мал}$ определяется по формуле (65).

Время работы в $S^{\Delta}_{мал}$ определяется по формуле (66).

Ритм выполнения погрузочно-разгрузочных работ определяется по формуле (46).

Время движения с грузом i -го АТС во времени j -й ездки определяется по формуле (42) для маршрута, представленного на рисунке 27.

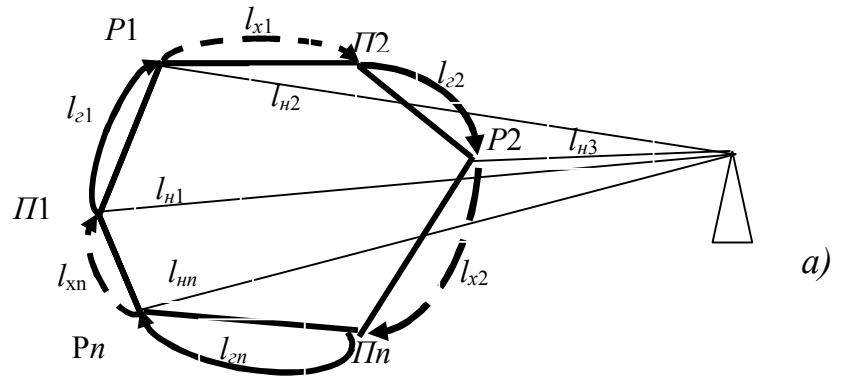
Время движения без груза i -го АТС во времени j -й ездки определяется по формуле (43).

Время оборота для i -го АТС определяется по формуле (44).

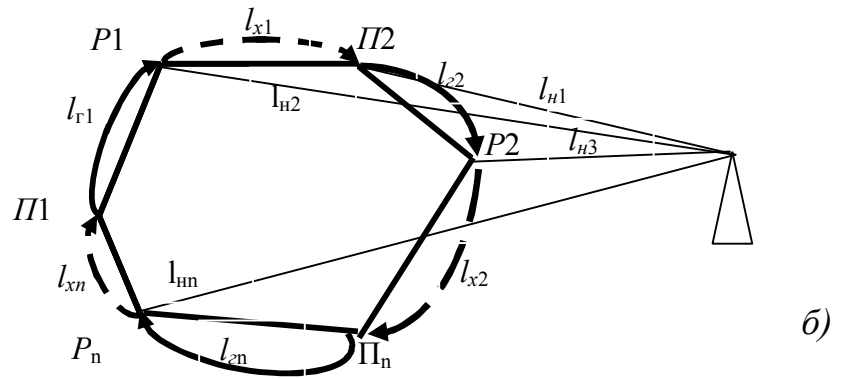
Интервал движения АТС – по формуле (45), ритм работы малой АТСПГ – по формулам (46), (47).

В случае если $I < R$, время ожидания i -го АТС определяется по формуле (48).

В П1



В П2



В Пn

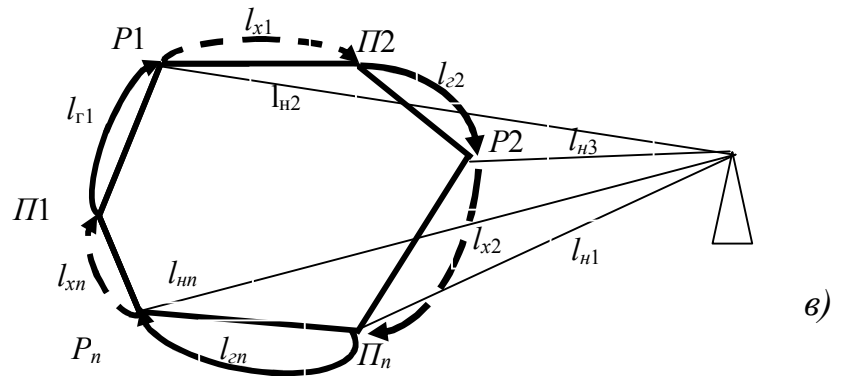


Рисунок 27 – Кольцевой маршрут (при условии $\gamma_1 \neq \gamma_2$): а – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П1; б – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в П2; в – для автомобилей, подающихся на первую погрузку в Пn.

Если малая АТСПГ насыщенная, то определяется полное время оборота для i -го АТС (49).

Время работы i -го АТС определяется по формуле (50).

Количество ездов i -го АТС определяется по формулам (51), (52).

Выработка в тоннах i -го АТС определяется по формуле (53).

Выработка в тонно-километрах i -го АТС определяется по формуле (54).

Выработка в малой АТСПГ будет определяться по формулам (59), (60) с использованием формул (55)–(58).

Проверка выполнения плана осуществляется по формуле (62).

Пробег i -го АТС, подающего в $Пn$, км:

$$L_{общи}^{\Delta} = \begin{cases} l_{н1} + l_{zn} \cdot Z_{ei} + (l_{z1} + l_{xn}) \cdot Z_{ei} + l_{н2}, \text{если разгрузка в } P1, \\ l_{н1} + l_{zn} \cdot Z_{ei} + (l_{z1} + l_{xn}) \cdot Z_{ei} + (l_{z2} + l_{x1}) \cdot Z_{ei} + l_{н3}, \text{если разгрузка в } P2, \\ l_{н1} + l_{zn} \cdot Z_{ei} + (l_{z1} + l_{xn}) \cdot Z_{ei} + (l_{z2} + l_{x1}) \cdot Z_{ei} + l_{xn} + l_{н3}, \text{если разгрузка в } Pn \end{cases} \quad (75)$$

Время в наряде i -го АТС определяется по формуле (64).

Пробег в $S_{мал}^{\Delta}$ определяется по формуле (65).

Время работы в $S_{мал}^{\Delta}$ определяется по формуле (66).

3.2 Программно-математическое обеспечение модели функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств

Определение плановых $Q_{мал}^{\Delta}$ и $P_{мал}^{\Delta}$ с применением модели функционирования $S_{мал}^{\Delta}$ вызвало необходимость создания инструмента, упрощающего практическое применение разработанной модели и восприятие полученных результатов. Таким инструментом является компьютерная реализация на MS Excel VBA разработанных моделей $S_{мал}^{\Delta}$ и схема ее применения (рисунок 28).

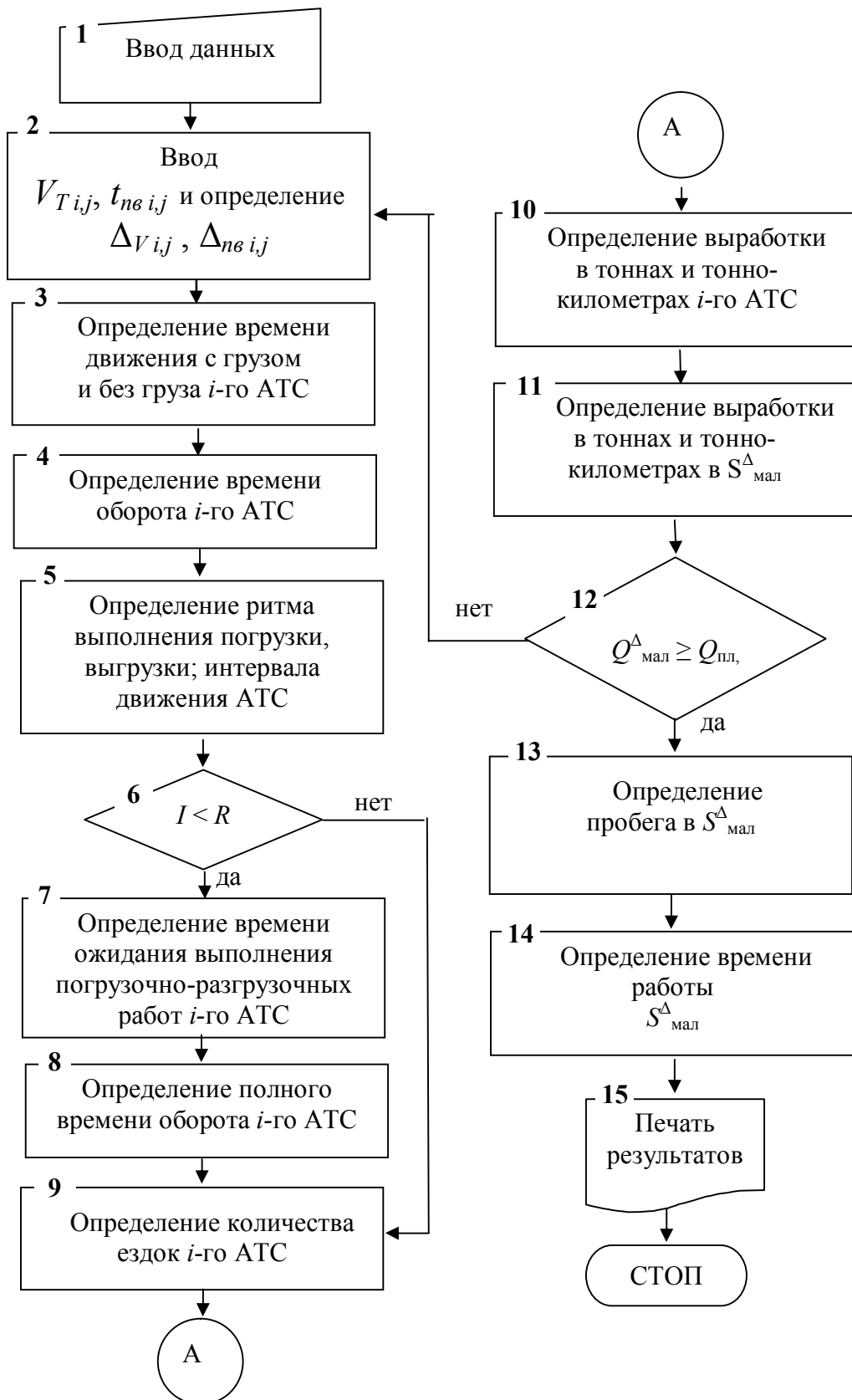


Рисунок 28 – Схема модели функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС

Схема применения моделей функционирования $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ включает в себя следующие блоки:

Блок 1. Ввод данных

Для выполнения расчетов необходимы следующие данные:

M – схема маршрута перевозки;

T_c – время работы $S_{\text{мал}}^{\Delta}$, ч;

l_c, l_x – величины пробега соответственно с грузом и без груза, км;

$q\gamma_i$ – фактическая грузоподъемность i -го АТС, т;

$X_{\text{нв}}$ – количество постов погрузки и выгрузки, ед.;

$t_{ni,j}$ – время погрузки i -го АТС во времени j -й ездки, ч;

$t_{vi,j}$ – время выгрузки i -го АТС во времени j -й ездки, ч;

$V_{Ti,j}$ – среднетехническая скорость i -го АТС во времени j -й ездки, км/ч.

Блок 2. Ввод $V_{Ti,j}$, $t_{ni,j}$ и определение $\Delta_{Vi,j}$, $\Delta_{nvi,j}$

Осуществляется ввод измерений $V_{Ti,j}$ или $t_{nvi,j}$ для каждого наблюдения.

Находиться $\Delta_{Vi,j}$ или $\Delta_{nvi,j}$ для выполнения расчетов.

Блок 3. Определение времени движения с грузом и без груза

Производится расчет времени движения с грузом i -го АТС во времени j -й ездки и времени движения без груза с учётом $V_{Ti,j} \pm \Delta_{Vi,j}$ по формулам (42), (43).

Блок 4. Определение времени оборота

Время оборота представляет собой сумму времени движения с грузом, времени движения без груза, времени ожидания и времени погрузки-выгрузки i -го АТС во времени j -й ездки.

Для определения времени оборота используется формула (44).

Блок 5. Определение ритма выполнения погрузки, выгрузки; интервала движения АТС

Определение ритма выполнения погрузки, выгрузки осуществляется по формулам (46), (47); интервала движения АТС – по формуле (45).

Блок 6. Проверка условия

В случае если система является насыщенной и интервал движения меньше ритма, то появляется время ожидания, осуществляется переход к блоку 7. Если выполняется условие, при котором интервал больше или равен ритму, то осуществляется переход к блоку 9.

Блок 7. Определение времени ожидания выполнения погрузочно-разгрузочных работ

Определение времени ожидания выполнения погрузочно-разгрузочных работ осуществляется по формуле (48).

Блок 8. Определение полного времени оборота

Полное время оборота включает в себя время оборота (44) и время ожидания (48) и определяется по формуле (49).

Блок 9. Определение количества ездов

Количество ездов, которое может выполнить АТС за время T_{Mi}^{Δ} , определяется по формулам (51), (52).

Блок 10. Определение выработки в тоннах и тонно-километрах i -го АТС

Выработка в тоннах i -го АТС зависит от фактической грузоподъёмности и количества ездов (53). Выработка в тонно-километрах i -го АТС определяется с учётом пробега с грузом на каждой езде (54).

Блок 11. Определение выработки в тоннах и тонно-километрах в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$

Определение $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ и $P_{\text{мал}}^{\Delta}$ представляет собой сумму фактически возможных выработки в тоннах и тонно-километрах АТС (59), (60).

Блок 12. Проверка условия

В случае если выполняется условие при котором $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ больше или соответствуют объему перевозок по заказу (заявке) в $Q_{\text{пл}}$ при рассматриваемой паре показателей $V_{Ti,j}$ и $t_{nvi,j}$, выполняется переход к блоку 13. В противном случае необходимо принять к расчету пару показателей $V_{Ti,j}$ и $t_{nvi,j}$ – переход к блоку 2.

Блок 13. Определение пробега в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$

На данном этапе выполняется расчёт пробега (65).

Блок 14. Определение показателей функционирования $S_{\text{мал}}^{\Delta}$

На данном этапе выполняется расчёт времени в наряде в целом для $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ по формуле (66).

Блок 15. Печать результатов

Выполняется печать показателей функционирования $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ и расписания работы АТС.

Программная реализация разработанных моделей и методики «Программно-математическое обеспечение для планирования перевозок грузов в малой автотранспортной системе помашинными отправлениями» выполнена с помощью редактора MS Excel VBA и зарегистрирована (приложение Е).

Компьютерная программа предназначена для оперативного планирования $Q_{\text{мал}}^{\Delta}$ и $P_{\text{мал}}^{\Delta}$ с учетом неравномерности работы АТС.

Программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- определение основных технико-эксплуатационных показателей для всех типов маршрутов, применяемых в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$;
- построение расписания работы АТС с учетом заданных условий;
- разработка плана перевозок грузов в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$;
- определение количества АТС при заданных условиях.

За основу принята разработанная модель функционирования в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$.

Системные требования для разработанной программы «Программно-математическое обеспечение для планирования перевозок грузов в малой автотранспортной системе помашинными отправлениями»:

Тип ЭВМ: IBM PC-совместимый ПК.

1. Процессор Celeron 1100 МГц.
2. Операционная система Microsoft Windows 2000 / XP/7.
3. 128 Мб оперативной памяти.
4. Разрешение экрана 1024 x 768.
5. 4-х скоростное устройство для чтения CD или DVD-дисков.
6. Мышь.

Программа включает в себя несколько модулей. Работа с модулями осуществляется в диалоговом режиме, реализованном в виде мастера, объединяющего в себе ряд шагов и позволяющего по введенным пользователем данным формировать оперативные планы перевозок грузов в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$.

Предусмотрена возможность вывода результатов на печать.

Порядок работы с модулями выбирается пользователем, на каждом этапе работы можно вернуться в главное окно и выбрать другой модуль. Главное окно приложения показано на рисунке 29.



Рисунок 29 – Главное окно приложения

Модуль «Выбор маршрута» позволяет осуществлять выбор маршрута перевозок грузов для оперативного планирования (рисунок 30).

Выбор маршрута

☐ Маятниковый маршрут, с обратным не груженым пробегом	☐ маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом, схема №1
☐ маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом не на всем расстоянии перевозки груза, схема №1	☐ маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом, но разной загрузкой схема №2
☐ маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом не на всем расстоянии перевозки груза, схема №2	☐ кольцевой маршрут, схема №1
☐ маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом не на всем расстоянии перевозки груза, схема №3	☐ кольцевой маршрут, схема №2
☐ маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом не на всем расстоянии перевозки груза, схема №4	☐ кольцевой маршрут, схема №3

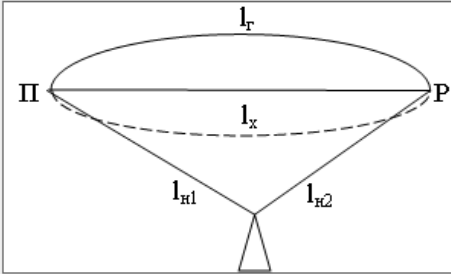
ВЫХОД

Рисунок 30 – Модуль «Выбор маршрута»

После выбора маршрута необходимо ввести исходные данные. Для этого необходимо воспользоваться модулем выбранного маршрута. Модули позволяют вводить исходные данные, а также производить расчет технико-эксплуатационных показателей с учетом неравномерности работы АТС.

Вещественные (дробные) значения должны вводиться через «.» (например, время погрузки, ч. = 0.4). Пример модуля представлен на рисунке 31. Для расчета показателей при детерминированном подходе необходимо на выбранном модуле нажать кнопку «Расчет показателей при детерминированном подходе». Полученные результаты позволяют проводить их сравнение с показателями, рассчитанными с помощью разработанной модели. Расчет показателей с учетом неравномерности осуществляется нажатием кнопки «Расчет Δ » после выбора нужной комбинации показателей.

Ввод данных для маятникового маршрута, с обратным не груженым пробегом



Время работы (ч.)	8	Расчет показателей при детерминированном подходе
Средняя техническая скорость (км/ч)	20	
Время погрузки (ч.)	0.4	Расчет σ
Время выгрузки (ч.)	0.6	
Длина груженой ездки (км)	10	Выберите пары показателей для расчета при вероятностном подходе
Холостой пробег (км)	10	
Количество постов (ед.)	2	☐ $V_t - \sigma; t_{nv}$ ☐ $t_{nv} - \sigma; V_t$
грузоподъемность автомобиля, т.	5	☐ $V_t + \sigma; t_{nv}$ ☐ $t_{nv} + \sigma; V_t$
Назад		

Рисунок 31 – Модуль «Маятниковый маршрут с обратным не груженым пробегом»

Чтобы произвести расчет с учетом неравномерности работы АТС необходимо ввести значения $V_{T\ i,j}$, $t_{nv\ i,j}$ воспользовавшись модулем «Ввод исходных данных для расчета неравномерности» и модулем «Расчет» (рисунок 32).

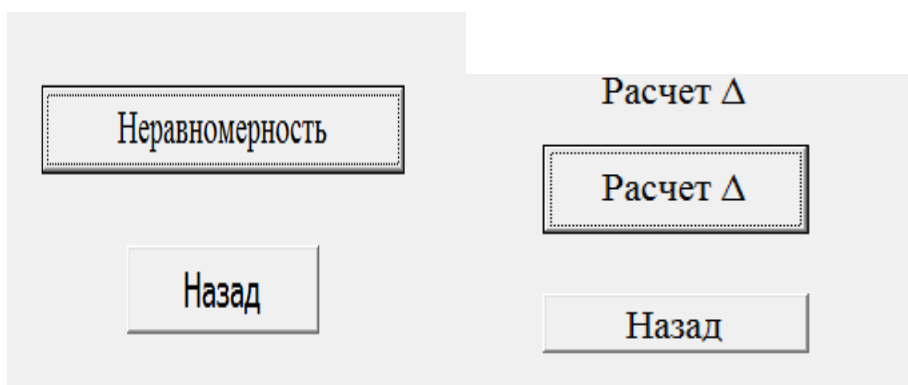


Рисунок 32 – Модуль «Ввод исходных данных для расчета неравномерности»
и модуль «Расчет»

Необходимо ввести количество наблюдений и значения V_T , t_n , t_g рисунок 33.

Ввод данных для расчета Δ

Введите количество наблюдений

Введите значения измерений

Полученное значение Δ для V_t	
Полученное значение Δ для t_n	
Полученное значение Δ для t_g	
Полученное значение Δ для t_{ng}	

Назад

Рисунок 33– Ввод данных для расчета

Будет произведено определение $\Delta_{V_{ij}}$, $\Delta_{ng_{ij}}$, результаты заносятся в таблицу Excel. Пример расчета представлен на рисунках 34, 35.

Вычисление Δ											
Значения V_t	Значение ΔV_t			Значения t_n	Значение Δt_n		Значения t_b	Значение Δt_b		Значения t_{nb}	Значение Δt_{nb}
25,00	4,94			0,30	0,11		0,40	0,13		0,70	0,23
27,00				0,20			0,50			0,70	
24,00				0,40			0,60			1,00	
19,00				0,50			0,40			0,90	
28,00				0,30			0,30			0,60	
32,00				0,40			0,50			0,90	
15,00				0,20			0,30			0,50	
26,00				0,30			0,40			0,70	
27,00				0,40			0,50			0,90	
29,00				0,50			0,70			1,20	

Рисунок 34 – Пример расчетов

		Vt-Δ; tns	Vt+Δ; tns	tns-Δ; Vt	tns+Δ; Vt
Rmax		0,50	0,50	0,39	0,61
Rn		0,50	0,50	0,39	0,61
Rw		0,40	0,40	0,27	0,53
Im		20,00	20,00	20,00	20,00
tdv		0,66	0,40	0,50	0,50
tbg		0,66	0,40	0,50	0,50
teo		2,23	1,70	1,67	2,13
Ae		4,00	3,00	4,00	3,00
ze(v)		3	4	4	3
Tm1		8,00	8,00	8,00	8,00
Tm2		7,50	7,50	7,61	7,39
Tm3		7,00	7,00	7,22	6,78
Tm4		6,50		6,82	
sze		12,00	12,00	16,00	9,00
SQper		60,00	60,00	80,00	45,00
SP		600,00	600,00	800,00	450,00

Рисунок 35 – Результаты планирования $S_{мал}^{\Delta}$

Среднее время расчетов одного плана перевозок грузов с использованием программного обеспечения составляет 5 минут [72].

Программное обеспечение может предоставляться и передаваться заинтересованным организациям в том виде, как есть, без исходных файлов и

возможности его модификации. В качестве программной документации передается инструкция по работе с программным обеспечением. Другая программная документация может быть подготовлена к передаче по особому соглашению. Приобретение программного обеспечения осуществляется по отдельному договору у правообладателей.

Выводы по третьей главе

1. Разработана модель функционирования $S_{\text{мал}}^{\Delta}$, которая может быть использована для каждого маршрута организуемого в малой АТСПГ с применением аналитического подхода и с учётом опыта создания моделей других АТСПГ.

2. Разработано программно-математическое обеспечение модели функционирования $S_{\text{мал}}^{\Delta}$, реализуемое с помощью редактора MS Excel VBA, которое упрощает практическое применение разработанной модели функционирования $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ и восприятие полученных результатов (Приложение Е).

4 МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В МАЛОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ЕЁ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА

4.1 Методика оперативного планирования перевозок грузов в малой автотранспортной системе перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств

Схема методики оперативного планирования перевозок грузов с учетом неравномерности работы АТС представлена на рисунке 36.

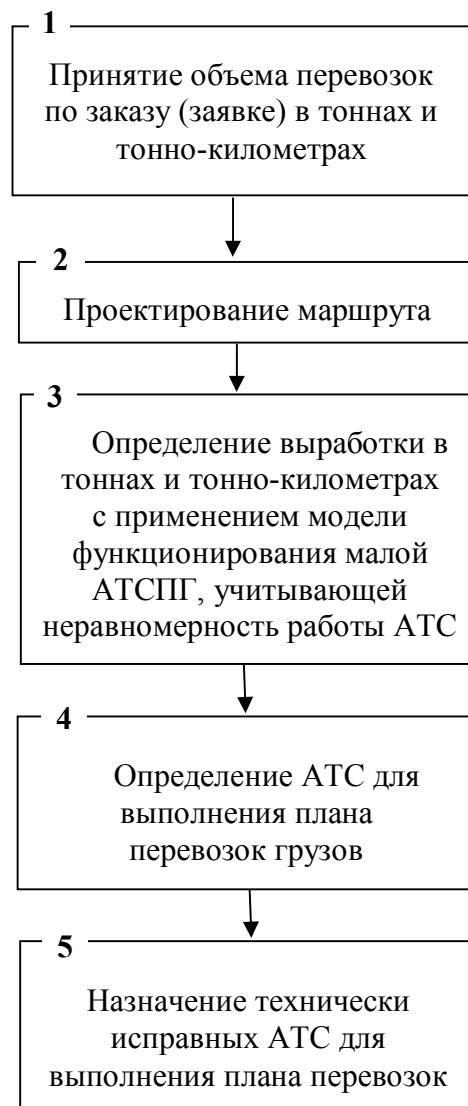


Рисунок 36 – Схема методики оперативного планирования перевозок грузов с учетом неравномерности работы АТС

Схема методики оперативного планирования перевозок грузов с учетом неравномерности работы АТС включает в себя следующие этапы:

Этап 1. Принятие объема перевозок по заказу (заявке) тоннах и тонно-километрах

Заявка (заказ) на перевозку груза может поступать в АТП, как от физического лица, так и от юридического. В ней указывается потребность, выраженная в тоннах, а с учетом расположения грузоотправителя и грузополучателя – в тонно-километрах.

Этап 2. Проектирование маршрута

В оперативном планировании могут быть спроектированы следующие маршруты:

- маятниковый маршрут с обратным не груженым пробегом;
- маятниковый маршрут с обратным груженым пробегом;
- маятниковый маршрут с обратным груженым пробегом не на всем расстоянии перевозок груза;
- маятниковый маршрут с обратным груженым пробегом, но разной загрузкой;
- кольцевой маршрут.

Этап 3. Определение плановых показателей $Q_{\text{мал}}^A$ и $P_{\text{мал}}^A$ с применением модели функционирования $S_{\text{мал}}^A$

Схема применения модели функционирования $S_{\text{мал}}^A$ представлена на рисунке 35 с описанием каждого блока.

Этап 4. Определение АТС для выполнения плана перевозок грузов

Определение АТС для выполнения плана перевозок грузов осуществляется с использованием информации о наличии технически исправных АТС с учётом условий эксплуатации.

Этап 5. Назначение технически исправных АТС для выполнения плана перевозок

Назначение технически исправных АТС для выполнения плана перевозок осуществляется отделом эксплуатации АТП на основании принятых заказов (заявок). Задание на перевозку грузов с указанием необходимого для перевозок количества груза в тоннах выдаётся диспетчером водителю после прохождения медицинского осмотра и ежедневного обслуживания АТС.

Схема методики оперативного планирования перевозок грузов с учетом неравномерности работы АТС внедрена в практическую деятельность АТП и в учебный процесс (приложение Д).

4.2 Экспериментальная проверка разработанной методики оперативного планирования перевозок грузов в малой автотранспортной системе перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств

Целью экспериментальной проверки является определение соответствия разработанной методики оперативного планирования перевозок грузов в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ существующей практике оперативного планирования.

Опыт работы ученых, занимающихся исследованием процессов функционирования перевозок грузов в АТСПГ, показал, что в подавляющем большинстве может успешно применяться пассивный эксперимент, что и было применено в данной работе.

При проведении исследований какого-либо процесса потребное выборочное количество наблюдений или реализаций испытаний определяется на основе закона больших чисел и центральной предельной теоремы [16]. В работах [15, 16, 40 и др.] изложен метод выборочной совокупности, согласно этому методу выборочное количество наблюдений должно составлять не менее

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot p \cdot q}{\Delta^2 \cdot N + t^2 \cdot p \cdot q}, \quad (75)$$

где N – генеральная совокупность наблюдений, за величину генеральной совокупности было принято количество дней работы в году АТП (ООО «Бенар-Авто»); t – параметр, являющийся аргументом функции изменения вероятности того, что предельная ошибка выборки не превысит допустимого значения (для технических расчетов уровень доверительной вероятности рекомендуется принимать в размере 0,954, тогда параметр $t=2$); Δ – предельная ошибка выборки, для технических расчетов рекомендуется принимать в пределах до 0,1, $\Delta=0,1$; $p \cdot q$ – оценка генеральной дисперсии. Ввиду того, что наступление события или его отсутствие в наблюдавшейся малой АТСПГ имеет равновероятностный характер оценки, рекомендуется величины p и q принимать по наибольшему значению – 0,5, тогда генеральная дисперсия составляет $p \cdot q = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25$.

$$n = \frac{305 \cdot 4 \cdot 0,25}{0,01 \cdot 1200 + 4 \cdot 0,25} = 75.$$

При проведении натурных исследований фиксировались время прибытия (убытия) на погрузку (разгрузки), время начала (окончания) движения с грузом (без груза), количество пройденных километров на конкретный момент времени.

В задачу натурального эксперимента входило сравнение результатов, полученных с помощью натурных наблюдений, с результатами расчетов по разработанной в диссертации методике.

Перечень АТС, выполняющих перевозку грузов в период экспериментальной проверки, представлен в таблице Г.1 (приложение Г). Перечень перевозимого груза, наименование и адреса грузоотправителей и адреса грузополучателей в период экспериментальной проверки, представлены в таблице Г.2 (приложение Г).

Планы по разработанной в диссертации методике составлены с использованием показателей работы АТС по вариантам с учётом назначения $V_{Tij} \pm \Delta_{Vij}$ (приложение Г, таблицы Г.3–Г.7), $t_{n-в ij} \pm \Delta_{n-в i}$ (приложение Г, таблицы Г.8–Г.12). Результаты сравнения выработки в тоннах и тонно-километрах, полученные по экспериментальной проверке с выработкой в тоннах и тонно-километрах, полученными по разработанной методике (для типичных дней работы), представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Результаты сравнения выработки в тоннах и тонно-километрах

День	Выработка в тоннах		Δ_Q , %	Выработка в тонно- километрах		Δ_p , %	День	Выработк а в тоннах		Δ_Q , %	Выработка в тонно- километрах		Δ_p , %
	1	2		1	2			1	2		1	2	
Изменяемый фактор $V_{Tij} \pm \Delta_{Vij}$							Изменяемый фактор $t_{n-в\,ij} \pm \Delta_{n-в\,i}$						
3	104	104	0	1404	1404	0,0	5	114	114	0,0	1368	1368	0,0
7	112	112	0	1350	1350	0,0	15	112	112	0,0	1792	1792	0,0
11	100	98	2,0	1500	1470	2,0	20	101	102	-1,0	1414	1421	-1,0
17	122	122	0	1098	1098	0,0	23	122	122	0,0	1159	1159	0,0
18	120	120	0	1080	1080	0,0	28	108	108	0,0	1566	1566	0,0
22	108	108	0	1530	1530	0,0	29	112	112	0,0	1344	1344	0,0
31	118	124	-5,1	1121	1178	-5,1	33	100	100	0,0	1500	1500	0,0
34	100	100	0	1400	1400	0,0	43	98	98	0,0	1421	1421	0,0
41	100	100	0	1600	1600	0,0	54	132	132	0,0	1188	1188	0,0
43	108	108	0	1512	1512	0,0	71	114	114	0,0	1596	1596	0,0

Примечание. 1 – результаты, полученные по экспериментальной проверке;
2 – результаты, полученные по разработанной в диссертации методике.

Экспериментальная проверка выявила соответствие выработки в тоннах и тонно-километрах, полученных при сравнении результатов натурных наблюдений с результатами планирования по разработанной в диссертации методике (таблица 22). При сопоставлении величин выработки в тоннах и тонно-километрах, полученных в результате натурных наблюдений и по методике, разработанной в данной диссертации, были зафиксированы отклонения результатов функционирования малой АТСПГ как в большую, так и в меньшую стороны в 4,5 % случаев. Максимальная величина отклонений составила -5,1 %. К основным причинам наблюдаемых отклонений относятся факторы технического и организационного характера, а именно: в 11-й день была выполнена не запланированная ездка в АТП; в

31-й день произведена замена АТС на менее грузоподъемное АТС в результате поломки планируемого к перевозке АТС; в 20-й день зафиксирован сход автомобиля с линии.

4.3 Экономическая оценка применения разработанной методики в практике оперативного планирования

Экономическая оценка предполагает сравнение прибыли, полученной с применением плана перевозок по разработанной в диссертации методике, и методике, разработанной ранее.

Величина изменения прибыли, руб.:

$$\Delta\Pi = \Pi_c - \Pi_{\text{е}}, \quad (76)$$

где Π_c – прибыль, полученная с применением плана перевозок по разработанной в диссертации методике, руб.;

$\Pi_{\text{е}}$ – прибыль, полученная с применением плана перевозок по ранее разработанной методике, руб.

Относительное изменение прибыли [76], %:

$$\Pi_v = \frac{(\Pi_c - \Pi_{\text{е}})}{\Pi_c} \cdot 100. \quad (77)$$

Прибыль – это положительная разница между суммарными доходами и затратами на производство услуг [76]. Доход определяется величиной денежных средств, полученных в результате перевозок грузов за определённый период времени. К затратам на перевозку грузов относятся: заработная плата водителей с отчислениями, топливо, смазочные и эксплуатационные материалы, запасные части, материалы и инструмент, восстановление износа и ремонт шин, амортизационные отчисления, накладные расходы. Затраты на расход топлива определены согласно методике, утверждённой распоряжением Минтранса РФ от 14 марта 2008 г. № АМ-23-р. В таблице 23 представлены результаты расчета выработки и затрат по характерным дням.

Таблица 23 – Результаты расчета выработки и затрат

День	Выработка, т		Выработка, т·км		Затрат, руб.	
	2	3	2	3	2	3
Изменяемый фактор $V_{Ti,j} \pm \Delta V_{i,j}$						
3	104	100	1404	1350	5335,2	5130,0
7	112	102	1350	1224	5130,0	4653,1
11	98	91	1470	1364	5586,0	5181,8
17	122	131	1098	1177	4172,4	4473,8
18	120	131	1080	1177	4104,0	4473,8
22	108	104	1530	1510	5814,0	5739,6
31	124	114	1178	1080	4476,4	4102,3
34	100	106	1400	1486	5320	5646,2
41	100	110	1600	1754	6080,0	6666,7
43	108	106	1512	1486	5745,6	5646,2
Изменяемый фактор $t_{n-s i,j} \pm \Delta_{n-s i}$						
5	114	102	1368	1224	5198,4	4653,1
15	112	110	1792	1754	6809,6	6666,7
20	102	106	1421	1486	5399,8	5646,2
23	122	114	1159	1080	4404,2	4102,3
28	108	104	1566	1510	5950,8	5739,6
29	112	102	1344	1224	5107,2	4653,1
33	100	91	1500	1364	5700,0	5181,8
43	98	104	1421	1510	5399,8	5739,6
54	132	131	1188	1177	4514,4	4473,8
71	114	106	1596	1486	6064,8	5646,2

Примечание. 2 – результаты, полученные с применением плана перевозок по разработанной в диссертации методике; 3 – результаты, полученные с применением плана перевозок по ранее разработанной методике.

Результаты расчетов позволили сделать вывод, что при применении ранее разработанной методики величина затрат изменяется как в большую, так и в меньшую сторону относительно затрат, полученных с применением плана перевозок по разработанной в диссертации методике. Экономия затрат в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ будет наблюдаться, если в планировании использовать затраты, полученные с применением плана перевозок по разработанной в диссертации методике, которые будут меньше затрат, полученных с применением методики, разработанной ранее.

Результаты расчёта изменения прибыли при оперативном планировании перевозок грузов в малой АТСПГ за счет разработанной методики, учитывающей неравномерность работы АТС, представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Результаты расчёта изменения прибыли при оперативном планировании перевозок грузов в малой АТСПГ за счет разработанной методики, учитывающей неравномерность работы АТС

День	Доход, руб.		Прибыль, руб.		Δп, руб.	П _v , %
	2	3	2	3		
Изменяемый фактор $V_{Tij} \pm \Delta_{Vij}$						
3	7800,0	7500,0	2464,8	2370,0	94,8	3,8
7	8400,0	7653,1	3270,0	3000,0	270,0	8,3
11	7350,0	6818,2	1764,0	1636,4	127,6	7,2
17	8235,0	8829,9	4062,6	4356,1	-293,5	-7,2
18	8280,0	9026,2	4176,0	4552,3	-376,3	-9,0
22	8100,0	7812,5	2286,0	2072,9	213,1	9,3
31	8370,0	7670,5	3893,6	3568,2	325,4	8,4
34	7500,0	7959,9	2180,0	2313,7	-133,7	-6,1
41	7500,0	8223,7	1420,0	1557,0	-137,0	-9,6
43	8100,0	7959,9	2354,4	2313,7	40,7	1,7
Изменяемый фактор $t_{n-gij} \pm \Delta_{n-gi}$						
5	8458,8	7571,4	3260,4	2918,4	342,0	10,5
15	8400,0	8223,7	1590,4	1557,0	33,4	2,1
20	7612,5	7641,5	2212,7	1995,3	217,4	9,8
23	8784,0	8096,6	4379,8	3994,3	385,5	8,8
28	8067,6	7781,3	2116,8	2041,7	75,1	3,5
29	8400,0	7653,1	3292,8	3000,0	292,8	8,9
33	7500,0	6818,2	1800,0	1636,4	163,6	9,1
43	7350,0	7812,5	1950,2	2072,9	-122,7	-6,3
54	8910,0	8829,9	4395,6	4356,1	39,5	0,9
71	8550,0	7959,9	2485,2	2313,7	171,5	6,9

Примечание. 2 – результаты, полученные с применением разработанной в диссертации методики; 3 – результаты, полученные с применением ранее разработанной методики.

Результаты расчетов позволили сделать вывод, что при использовании разработанной методики можно получить прирост прибыли от 39,5 руб. (0,9 %) до 342,0 руб. (10,5 %) в отдельный день наблюдения и исключить необоснованно завышенную прибыль от 133,7 руб. (6,1 %) до 137,0 руб. (9,6 %) при планировании.

Выводы по четвертой главе

1. Разработана методика, определяющая последовательность этапов для выполнения плана перевозок грузов в тоннах и тонно-километрах в малой АТСПГ с учётом неравномерности работы АТС.

2. Выполнена экспериментальная проверка, которая показала соответствие выработки в тоннах и тонно-километрах при уровне доверительной вероятности 0,95, полученных при сравнении результатов натурных наблюдений с результатами расчетов по разработанной в диссертации методике.

3. Результаты выполненной экономической оценки позволили сделать вывод, что при использовании в планировании разработанной методики можно получить прирост прибыли от 39,5 руб. (0,9 %) до 342,0 руб. (10,5 %) в отдельный день наблюдения и исключить необоснованно завышенную при планировании прибыль от 133,7 руб. (6,1 %) до 137,0 руб. (9,6 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Подтверждена необходимость учета неравномерности выработки в тоннах и тонно-километрах при оперативном планировании перевозок грузов в малой АТСПГ.

2. Выявлены зависимости влияния средней технической скорости V_T АТС и времени простоя его под погрузкой-выгрузкой $t_{пв}$ на результаты функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС, которые позволили установить границы доверительных интервалов выработки в тоннах и тонно-километрах при доверительной вероятности 0,95.

3. Разработана модель функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС и программно-математическое обеспечение для практического использования её в методике оперативного планирования.

4. Разработана методика оперативного планирования перевозок грузов с учетом неравномерности работы АТС.

5. Выполнена экспериментальная проверка, которая показала, что при уровне доверительной вероятности 0,95 выработка в тоннах и тонно-километрах, полученные по результатам натурных наблюдений соответствует результатам расчетов по разработанной методике оперативного планирования перевозок грузов с учетом неравномерности работы АТС. Применение разработанной методики позволит обеспечить выполнение плана перевозок грузов в малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС и за счет этого получить прирост прибыли от 39,5 руб. (0,9 %) до 342,0 руб. (10,5 %) в отдельный день наблюдения, а также исключить необоснованно завышенную прибыль при планировании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агуреев, И.Е. Динамика производства и спроса в диссипативной модели логистической системы / И.Е. Агуреев, А.В. Гладышев // Известия Тульского государственного университета. – 2013. – №6–2. – С. 152–160.
2. Афанасьев, Л.Л. Автомобильные перевозки / Л.Л. Афанасьев. – М. : Транспорт, 1965. – 352 с.
3. Афанасьев, Л.Л. Автомобильные перевозки : дис. ... д-ра техн. наук / Афанасьев Леонид Леонидович. – М., 1961. – 220 с.
4. Ашкрофт Производительность станков, обслуживаемых одним рабочим / Ашкрофт // Sourual of the Royal Statistical Society. – 1950. – Ser B. vol. 12. №1. – С. 5–10.
5. Баубеков, Е.Е. Совершенствование процесса доставки запасных частей автомобилями, работающими в отрыве от основных баз (на примере уборки урожая) : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Баубеков Е.Е.. – М., 1991. – 180 с.
6. Безель, Б.П. Имитация на персональных компьютерах работы транспортно-производственных систем /Б.П. Безель, Л.Б. Миротин, Т.Б. Сулейменов. – М. : МАДИ, 1993. – 345 с.
7. Белых, А.Б. Оперативное прогнозирование процессов взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта в крупном транспортном узле : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Белых Александр Борисович. – М., 1993. – 22 с.
8. Большой толковый словарь русского языка : словарь / РАН. Ин-т лингвистических исследований ; гл. ред. С.А. Кузнецов. – СПб. : Норинт, 2000. – 1535 с.
9. Брунштейн, Д.П. Использование данных оперативного учёта работы автомобильного транспорта для оптимизации управления автопредприятиями / Д.П. Брунштейн // Использование методов оптимизации

в теории планирования и оперативного управления производством : сборник тезисов докладов Всесоюзной конференции. – М., 1979. – С. 158.

10. Бутаев, Ш.А. Имитационная модель для определения ценности учёта вероятностных параметров при планировании грузоперевозок / Ш.А. Бутаев, Ф.Р. Мурзаев // Пути исследования перевозочного процесса и управления транспортом : тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. – Гомель, 1985. – С. 340–342.

11. Бутаев, Ш.А. Методы управления автомобильными перевозками грузов в условиях многообразия форм собственности : автореф. дис. ... док. экон. наук : 05.13.10 / Бутаев Шерзод Ачилович. – Ташкент, 1995. – 44 с.

12. Васильев, С.А. Разработка методики перевозки мелкопартионных грузов автомобильным транспортом с учётом вероятностных факторов : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Васильев Сергей Анатольевич. – СПб., 2009. – 22 с.

13. Великанов, Д.П. Эффективность автомобиля / Д.П. Великанов. – М. : Транспорт, 1969. – 240 с.

14. Вельможин, А.В. Прогнозирование работы автомобильного транспорта на перевозке массовых грузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Д.В. Кубраков, А.В. Куликов // Наземные транспортные системы : межвузовский сборник научных трудов. – Волгоград, 2000. – С. 114–117.

15. Венцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель. – М. : Наука, 1969. – 576 с.

16. Венцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров. – М. : Высшая школа, 2000. – 480 с.

17. Витвицкий, Е.Е. Исследование процесса погрузки в малой автотранспортной системе перевозок грузов / Е.Е. Витвицкий, Б.С. Трофимов // Итоги диссертационных исследований : материалы IV Всероссийского конкурса молодых ученых. – М : РАН, 2012. – 138 с.

18. Витвицкий, Е.Е. Новые результаты решения транспортной задачи / Е.Е. Витвицкий, Б.С. Трофимов // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 7. – С. 49–52.

19. Витвицкий, Е.Е. Разработка теоретических положений и моделей развозочно-сборных транспортных систем : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.10 / Витвицкий Евгений Евгеньевич. – Омск, 1994. – 340 с.

20. Витвицкий, Е.Е. Теория транспортных процессов и систем (Грузовые автомобильные перевозки) : учеб. пособие /Е.Е. Витвицкий : – Омск : СибАДИ, 2010. – 207 с.

21. Исследование проблем обеспечения эффективности и качества работы автомобильного транспорта. Современное состояние теории грузовых автомобильных перевозок в области оперативного планирования с учетом влияния вероятностных факторов : отчет о НИР (промежуточный) // СибАДИ; рук. Витвицкий Е.Е.; отв. исполн. Б.С. Трофимов. – Омск, 2013. – 24 с. – № ГР 01200 950434. – Инв. № 02201356820.

22. Витвицкий, Е.Е. О некотором состоянии теории грузовых автомобильных перевозок в области оперативного планирования с учетом влияния вероятностных факторов / Е.Е. Витвицкий, Б.С. Трофимов // Материалы 66-й научно-практической конференции «Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России» (с международным участием). Секция «Технология, организация и управление автомобильными перевозками» : сб. науч. тр. №5. – Омск : Полиграфический центр КАН, 2012. – С. 91–98.

23. Витвицкий, Е.Е. О некоторых результатах исследования влияния вероятностной средней технической скорости на функционирование автомобилей в ненасыщенной малой автотранспортной системе перевозок грузов / Е.Е. Витвицкий, Б.С. Трофимов // Материалы 67-й научно-практ. конференции «Теория, методы проектирования машин и процессов в строительстве». Секция №7 «Автотранспортное обеспечение строительных

потоков» : сб. науч. тр. №6 «Технология, организация и управление автомобильными перевозками. Теория и практика». – Омск : Полиграфический центр КАН, 2013. – С. 132–141.

24. Витвицкий, Е.Е. Применение положений теории вероятностей в малой автотранспортной системе перевозок грузов помашинными отправлениями / Е.Е. Витвицкий, Б.С. Трофимов // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции «Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования». – Омск : СиБАДИ, 2012. – С. 398–401.

25. Витвицкий, Е.Е. Учет вероятностных положений в практике планирования грузовых автомобильных перевозок в городах / Е.Е. Витвицкий, Б.С. Трофимов // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2013. – № 2. – С. 63-68.

26. Воркут, А.И. Транспортное обслуживание торгово-оптовых баз / А.И. Воркут, А.Г. Калинин, А.Г. Ковалик, А.С. Рудык. – Киев : Техшка, 1985. – 112 с.

27. Воркут, А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут. – Киев : Вища шк., 1986. – 447 с.

28. Галушко, В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В.Г. Галушко. – Киев : Вища шк, 1976. – 232 с.

29. Геронимус, Б.Л. Совершенствование планирования на автомобильном транспорте / Б.Л. Геронимус. – М. : Транспорт, 1985. – 224 с.

30. Гнеденко, Б.В. Курс теории вероятностей : учеб. для вузов / Б.В. Гнеденко. – 6-е изд., доп. и перераб. – М. : Наука, 1988. – 448 с.

31. Горев, А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учебное пособие / А.Э. Горев. – М. : Академия, 2004. – 288 с.

32. ГОСТ 13015-2003. Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. – М. : Госстрой РФ, 2003. – 15 с.

33. Гражданский кодекс Российской Федерации. – М. : КноРус, 2014. Ч.1, 2, 3, 4. – 640 с.
34. Гронин, Д.П. Повышение эффективности автомобильных перевозок в системе доставки грузов с использованием терминальных комплексов : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Гронин Дмитрий Петрович. – Волгоград, 2006. – 217 с.
35. Гудков, В.А. Совершенствование технологии, организации и управления доставки грузов и пассажиров автомобильным транспортом (теория и практика) : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.10 / Гудков Владислав Александрович. – Тюмень, 1999. – 50 с.
36. Ефремов, А.В. Методы синтеза систем управления грузовыми автомобильными перевозками / А.В. Ефремов. – М. : МАДИ, 1982. – 92 с.
37. Ефремов, А.В. Модельно-эвристический метод сменно-суточного планирования и оптимального управления грузовыми автомобильными перевозками / А.В. Ефремов // Математическое моделирование и оптимизация в задачах автомобильного транспорта. – М. : МАДИ, 1980. – С. 3–17.
38. Ефремов, А.В. Системный анализ и метод структурного синтеза транспортно-логистической системы региона : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 / Ефремов Алексей Владимирович. – Самара, 2005. – 19 с.
39. Ефремов, А.В. Теоретические основы экономико-математических методов синтеза систем управления автомобильным транспортом (общий подход) / А.В. Ефремов. – М. : МАДИ, 1981. – 112 с.
40. Завадский Ю.В. Статистическая обработка эксперимента в задачах автомобильного транспорта / Ю.В. Завадский. – М.: МАДИ. – 1982. – 135 с.
41. Затворницкий, А.П. Оценка надежности и экономической эффективности плана перевозок в условиях возможных задержек и наличия штрафных санкций за опоздание / А. П. Затворницкий // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров

оборудования и систем управления : межвузовский сборник научных трудов. – Воронеж, 2006. – Вып. 11. – С. 174–178.

42. Золотарь, И.А. О возможности оптимизации заготовительно-транспортных работ в дорожном строительстве / И.А. Золотарь, А.С. Егорова // Труды МАДИ . – М. : МАДИ, 1975. – Вып. 106. – С. 122 – 127.

43. Каниовский, П.В. Организация и планирование автомобильных перевозок / П.В. Каниовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Науч.- техн. изд-во автотрансп. лит-ры, 1957. – 323 с.

44. Каниовский, П.В. Эксплуатация автомобильного транспорта / П.В. Каниовский. – М.; Л.: Изд-во Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1947. – 332 с.

45. Кащеев, С.А. Повышение эффективности функционирования системы доставки грузов в торговую сеть автомобильным транспортом : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Кащеев Сергей Александрович. – Волгоград, 2004. – 195 с.

46. Кофман, А. Массовое обслуживание / А. Кофман, Р. Крюон – М. : Мир, 1965. – С. 70.

47. Крушевский, А.В. Справочник по экономико-математическим моделям и методам / А.В. Крушевский – Киев : Техніка, 1982. – 208 с.

48. Куликов, А.В. Эффективность автомобильных перевозок в системах дорожного строительства : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05. 22. 10 / Куликов Алексей Викторович. – Волгоград, 1998. – 16 с.

49. Лазарев, Х.М. Планирование работы автомобильного транспорта и погрузочно-разгрузочных механизмов / Х.М.Лазарев, Т.А. Тюменышева // Труды Моск. инт-та инж. ж.-д. трансп. – М., 1978. – №597. – С. 146–158.

50. Лейдерман, С.Р. Основные измерители и коэффициенты автомобилей / С.Р. Лейдерман// Мотор. – 1932. – №6. – С. 12–16.

51. Лейдерман, С.Р. Теоретические основы грузовых автомобилей : дис. ... д-ра техн. наук / Лейдерман Симон Робертович. – М., 1963. – 250 с.

52. Лейдерман, С.Р. Эксплуатация грузовых автомобилей / С.Р. Лейдерман. – М. : Транспорт, 1968. – 150 с.

53. Лейдерман, С.Р. Эксплуатация грузовых автомобилей. Техно-экономические основы / С.Р. Лейдерман. – М. : Транспорт, 1966. – 152 с.

54. Липкович, И.Э. Безопасность жизнедеятельности на автотранспортных предприятиях : уч. пособие / И.Э. Липкович, А.В. Семенихин, А.В. Пикалов и др. – зерноград : Азово-Черноморская Государственная агроинженерная академия, 2008. – Ч. I. – 479 с.

55. Липкович, И.Э. Безопасность жизнедеятельности на автотранспортных предприятиях : уч. пособие / И.Э. Липкович, А.В. Семенихин, А.В. Пикалов и др. – зерноград : Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, 2008. – Ч. II. – 429 с.

56. Ловыгина, Н.В. Автоматизированное планирование перевозок грузов в малой автотранспортной системе помашинными отправлениями с учетом вероятностных факторов / Н.В. Ловыгина Е.Е. Витвицкий, Б.С. Трофимов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – №10. – С.117–121.

57. Лубенцова, В.С. Моделирование производственной программы автотранспортного предприятия с использованием марковских случайных процессов / В.С. Лубенцова, А.В. Ефремов // Вестн. Самар. гос. техн. ун-та.– 2002. – № 16. – С. 155–160.

58. Луканин, В.Н. Имитационное моделирование и принятие решений в задачах автомобильно-дорожного комплекса (Решение некоторых типовых задач планирования и управления) : учебное пособие / В.Н. Луканин, О.П. Гуджоян, А.В. Ефремов. – М. : Инфра-М, 2001. – 345 с.

59. Лукинский, В.С. Логистика автомобильного транспорта : учеб. пособие / В.С. Лукинский, В.И. Бережной, Е.В. Бережная и др. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 368 с.

60. Митропольский, А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.

61. Нгуен, А.В. Выбор системы доставки грузов автомобильным транспортом : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Нгуен Ань Вьет. – М., 2001. – 172 с.
62. Николин, В.И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов / В.И. Николин. – М. : Транспорт, 1990. – 191 с.
63. Николин, В.И. Грузовые автомобильные перевозки : монография / В.И. Николин, Е.Е. Витвицкий, С.М. Мочалин. – 2-е изд., испр. и доп. – Омск : «Вариант-Сибирь», 2004. – 480 с.
64. Николин, В.И. Исследование хлебоприемного пункта как системы массового обслуживания / В.И. Николин, И.Ю. Грабарев // Труды МАДИ. – М. : МАДИ, 1975. – Вып. 106. – С. 45–49.
65. Николин, В.И. Применение положений теории вероятностей в грузовых автомобильных перевозках : монография / В.И. Николин, Е.С. Хорошилова. – 2-е изд., испр. и доп. – Омск : «Вариант-Сибирь», 2007. – 360 с.
66. Николин, В.И. Проектирование автотранспортных систем доставки грузов / В.И. Николин, С.М. Мочалин, Е.Е. Витвицкий, И.В. Николин ; под ред. В.И. Николина. – Омск : СиБАДИ, 2001. – 184 с.
67. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов ; под. ред. Н.Ю. Шведовой. – М. : Русский язык, 1983. – 816 с.
68. Пальм, К. Расчет численности рабочих для обслуживания автоматов. Применение статистических методов в производстве / К. Пальм. – М. : Госстатиздат, 1963. – С. 143–170.
69. Перегудов, Ф.И. Основы системного анализа / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – 2-е изд., испр. и доп. – Томск : НТЛ, 1997. – 396 с.
70. Постановление об утверждении правил перевозок грузов автомобильным транспортом от 15 апреля 2011 г. № 272 в ред. Постановления Правительства РФ от 30.12.2011 № 1208 с изм., внесенными Постановлением Правительства РФ от 09.01.2014 № 12. – М. : Правительство Российской Федерации, 2014. – 26 с.

71. Правила дорожного движения с комментариями и иллюстрациями. – М. : ЭКСМО, 2014. – 160 с.

72. Программно-математическое обеспечение для планирования перевозок грузов в малой автотранспортной системе помашинными отправками : свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ. №2014617431 Российская Федерация / Витвицкий Е.Е., Ловыгина Н.В., Трофимов Б.С.; заявитель и патентообладатель Сибирская гос. автомобильно-дорожная академия. – №2014613001; заявл. 08.04.2014; опубл. 22.07.2014. – URL : http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet

73. Рассоха, В.И. Повышение эффективности эксплуатации автомобильного транспорта на основе разработанных научно-технических, технологических и управленческих решений : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.10 / Рассоха Владимир Иванович. – Оренбург, 2010. – 400 с.

74. Резер, С. М. Управление транспортным комплексом / С. М. Резер ; под ред. А. А. Воронова. – М. : Наука, 1988. – 328 с.

75. Савченко-Бельский, К.А. К вопросу расчета количества транспортных средств при их работе с тростниково-уборочными комбайнами / К.А. Савченко-Бельский // Труды МАДИ . – М. : МАДИ, 1975. – Вып. 106. – С. 50–56.

76. Сербиновский, Б.Ю. Экономика предприятий автомобильного транспорта / Б.Ю. Сербиновский, Н.Н. Фролов. – М. : Транспорт, 2006. – 496 с.

77. Тарамыко, А.Е. Оптимальное планирование доставки грузов в транспортно-логистических системах : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Тарамыко Андрей Евгеньевич. – СПб., 2002. – 233 с.

78. Толковый словарь русского языка / под. ред. Д.В. Дмитриева. – М. : ООО «Издательство Астрель»; «Издательство АСТ», 2003. – 1582 с.

79. Трофимов, Б.С. Методика построения расписания работы автомобилей в вероятностных малых автотранспортных системах перевозок грузов, на маятниковых и кольцевых маршрутах / Б.С. Трофимов //

Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационное лидерство строительной и транспортной отрасли глазами молодых ученых». – Омск : СибАДИ, 2014. – С. 158–161.

80. Трофимов, Б.С. О некоторых результатах исследований / Б.С. Трофимов // Международная научно-практическая конференция «Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки». Секция №9 «Развитие теории и практики грузовых автомобильных перевозок, транспортной логистики» : сб. научных трудов №7 кафедры «Организация перевозок и управления на транспорте». – Омск : Полиграфический центр КАН, 2014. – С. 176–179.

81. Трофимов, Б.С. Влияние вероятностной величины времени простоя под погрузкой-выгрузкой на функционирование автомобилей в ненасыщенной малой автотранспортной системе перевозок грузов / Б.С. Трофимов, Е.Е. Витвицкий // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 1(35). – С. 24–28.

82. Трофимов, Б.С. Расшифровка результатов решения транспортной задачи перевозок грузов помашинными отправлениями в города / Б.С. Трофимов // Научные труды молодых ученых, аспирантов и студентов : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки (с международным участием). – Омск : СибАДИ, 2012. – С. 271–273.

83. Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта : федеральный закон Российской Федерации от 8 ноября 2007 г. № 259-ФЗ. – М. : Консультант, 2008. – 25 с.

84. Федоренко, А.И. Планирование грузовых автомобильных перевозок нормативным методом / А.И. Федоренко, А.И. Лизарутин // Проблемы развития и повышения эффективной транспортной системы страны : материалы Всесоюзной научно-технической конференции. – М., 1979. – С. 157–159.

85. Хохлова, Н.В. Необходимость учета вероятности в управлении транспортным производством / Н.В. Хохлова, В.И. Николин // Автотранспортное предприятие № 7. – 2008 г. – С. 54–55.

86. Хохлова, Н.В. Модель микросистемы с учетом вероятностных факторов / Н.В. Хохлова, В.И. Николин // Перспективы развития транспорта в XXI веке : материалы I научной межвузовской Интернет-конференции, 28–30 ноября 2007 г., г. Иркутск. – Иркутск : Изд – во ИрГУПС, 2007. – С.120–123.

87. Хохлова, Н.В. Модель особо малой системы с учетом вероятностных факторов / Н.В. Хохлова// Межвузовский сборник трудов молодых ученых, аспирантов и студентов. – Омск : СибАДИ, 2008. – Вып. 5. – Ч.1. – С. 332–335.

88. Хохлова, Н.В. Исследование влияния величины скорости на функционирование микро и особо малой систем / Н.В. Хохлова, В.И. Николин // Вестник СибАДИ. – Омск - №3 (9). – 2008. – С.12–15.

89. Хохлова, Н.В. Исследование влияния изменения времени простоя под погрузкой (выгрузкой) на функционирование микро и особо малой систем / Н.В. Хохлова, В.И. Николин // Вестник СибАДИ. – Омск. – №4 (10). – 2008. – С. 30–34.

90. Хохлова Н.В. Учет вероятностных положений в практике грузовых автомобильных перевозок» Н.В. Хохлова, В.И. Николин // Вестник Академии военных наук. – Омск. – №3 (28). – 2009. – С. 331–333.

91. Цукерберг, С.М. Автомобильные перевозки / С.М. Цукерберг. – М. : Транспорт, 1967. – 97 с.

92. Шайдылдаев, Б.А. Применение теории массового обслуживания на автомобильном транспорте / Б.А. Шайдылдаев, Б.Т. Торобеков // Материалы Международной научно-технической конференции «Инновации в образовании, науке и технике», посвященной 100-летию первого ректора ФПИ-КГТУ проф. Г.А. Сухомлинова. – Бишкек : Изв. Кыргыз. гос. техн. ун-та. – 2006. – № 9. – Ч. 1. – С. 270–272.

93. Шафиркин, Б.И. Повышение эффективности грузовых перевозок / Б.И. Шафиркин. – М. : Транспорт, 1978. – 191 с.
94. Якобашвили, А.М. Специализированный подвижной состав для грузовых автомобильных перевозок / А.М. Якобашвили, В.С. Олитский, А.Л. Цеханович. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1988. – 224 с.
95. Pomp, R. Zur Aussage der ativen Transinformation als Organisiertheitsmass / R. Pomp, K.- I. Richter Fiss. Z. Hochsch. Verkehrsw // Friedrich List Dresden. – 1979. – № 1. – С. 59–63.
96. Stipicevic, Iosip. Izrada plana poslovanja u internom cestovnom prijevozu (II deo) / Iosip Stipicevic // Planir. I anal. poslov. – 1979. – №7. – С. 30–37.
97. The competitive tendering upset // Transp. Ehg. – 1994. – Nov. – С. 19–22.
98. Bess ere Logistic Gefordert // Buss-Fahrt. – 1995. – 43. № 1. – С.18–19.
99. Vieraneinem Strang // KFZ Anz. – 1995. – 48. № 22. – С. 58–59.
100. Thomas L. Saaty, Kovin P. Keans. Analitikal planning. The Organization of systems – New York. Pergamon Press, 1991. – 224 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таблица А.1 – Данные для определения параметров закона нормального распределения V_T , $t_{нв}$ АТС, полученные при перевозке груза в $S_{мал}^{\Delta}$

№	М1		М2		М3	М4	
	V_T , км/ч	$t_{нв}$, ч	V_T , км/ч	$t_{нв}$, ч	$t_{нв}$, ч	V_T , км/ч	$t_{нв}$, ч
1	2	3	4	5	6	7	8
1	15,00	0,78	15,00	0,86	0,93	13,20	0,60
2	15,00	0,90	15,00	0,9	0,93	14,08	0,87
3	15,00	0,94	18,40	0,94	0,94	21,03	0,98
4	17,25	0,95	20,70	0,94	0,94	20,05	0,98
5	21,12	0,95	20,89	0,95	0,95	14,08	0,98
6	21,12	0,95	21,76	0,96	0,97	14,08	0,99
7	21,12	0,95	22,69	0,96	0,97	21,12	0,99
8	22,01	0,95	23,23	0,97	0,97	20,05	1,00
9	29,05	0,95	23,49	0,97	0,97	21,12	1,00
10	29,05	0,95	23,49	0,97	0,98	21,12	1,01
11	31,69	0,96	23,49	0,97	0,98	21,52	1,01
12	31,69	0,96	23,49	0,99	0,98	21,52	1,01
13	31,69	0,96	24,45	1,03	0,99	22,01	1,01
14	26,01	0,96	24,45	1,05	0,99	22,17	1,02
15	23,00	0,96	24,45	1,05	1,00	23,96	1,02
16	23,00	0,96	25,64		1,00	17,60	1,03
17	23,00	0,97	26,08		1,01	23,15	1,03
18	23,15	0,97	26,35		1,01	21,52	1,04
19	23,67	0,97	26,35		1,01	22,01	1,04
20	23,67	0,97	26,73		1,01	22,49	1,05
21	23,67	0,97	26,90		1,02	22,49	1,07
22	22,01	0,97	27,06		1,02	22,82	1,07
23	23,49	0,98	27,38		1,03	22,98	1,07
24	23,49	0,99	27,39		1,04	24,45	1,08
25	26,54	0,99	27,43		1,07	17,60	1,08
26	26,40	1,02	27,71		1,08	22,98	1,08
27	26,35	1,02	27,80		1,08	24,45	1,08
28	26,35	1,06	39,15		1,08	24,45	1,08
29	24,45	1,07	40,67		1,08	26,35	1,12
30	24,12				1,08	26,41	1,12
31	26,73				1,14	26,41	1,13
32	26,90					26,90	
33	27,38					26,90	
34	28,36					27,38	
35	28,36					27,46	
36	28,36					28,36	
37	24,45					28,48	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
38	27,55					28,48	
39	28,82					29,05	
40	39,94					29,05	
41	40,26					29,83	
42						31,69	
43						31,69	

Таблица А.2 – Средние значения выработки в тоннах и тонно-километрах, полученные на маршрутах М1 и М2 при перевозке груза в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ в интервалах изменения V_T

Интервалы изменения V_T , км/ч	М1		Интервалы изменения V_T , км/ч	М2	
	Выработка			Выработка	
	тонны	тонно- километры		тонны	тонно- километры
15,00-19,21	105	1050	15,00-19,28	85	935
19,21-23,41	132	1257	19,28-23,56	98	1081
23,42-31,84	143	1434	23,56-32,11	110	1336
31,84-40,26	170	1600	32,11-40,67	120	1560

Таблица А.3 – Средние значения выработки в тоннах и тонно-километрах, полученные на маршрутах М3 и М4 при перевозке груза АТС в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ в интервалах изменения V_T

Интервалы изменения V_T , км/ч	М3		Интервалы изменения V_T , км/ч	М4	
	Выработка			Выработка	
	тонны	тонно- километры		тонны	тонно- километры
13,2-17,9	115	1035	13,20-16,28	35	540
17,9-22,63	150	1220	16,28-19,36	54	799
22,63-32,05	155	1470	19,36-25,53	61	914
32,05-41,48	170	1700	25,53-31,69	70	1050

Таблица А.4 – Средние значения выработки в тоннах и тонно-километрах, полученные на маршруте М3 при перевозке груза в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$, для АТС в интервалах изменения $t_{\text{нв}}$

Интервалы изменения $t_{\text{нв}}$, ч	Выработка	
	тонны	тонно-километры
0,93-0,97	25	182
0,97-1,00	20	158
1,00-1,07	20	158
1,07-1,14	15	140

Таблица А.5 – Средние значения выработки в тоннах и тонно-километрах, полученные на маршрутах М1 и М2 при перевозке груза в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$ в интервалах изменения $t_{\text{нв}}$

Интервалы изменения $t_{нв}$, ч	М1		Интервалы изменения $t_{нв}$, ч	М2	
	Выработка			Выработка	
	тонны	тонно- километры		тонны	тонно- километры
0,78-0,83	145	1604	0,86-0,90	126	1483
0,83-0,88	140	1327	0,90-0,97	120	1370
0,88-0,97	140	1288	0,97-1,01	112	1240
0,97-1,07	135	980	1,01-1,05	105	1120

Таблица А.6 – Средние значения выработки в тоннах и тонно-километрах, полученные на маршрутах М3 и М4 при перевозке груза в $S_{\text{мал}}^{\Delta}$, для АТС в интервалах изменения $t_{\text{нв}}$

Интервалы изменения $t_{нв}$, ч	М3		Интервалы изменения $t_{нв}$, ч	М4	
	Выработка			Выработка	
	тонны	тонно- километры		тонны	тонно- километры
0,93-0,97	150	1786	0,61-0,70	136	1610
0,97-1,00	128	1485	0,70-0,78	119	1352
1,00-1,07	128	1480	0,78-0,96	112	1240
1,07-1,14	105	1120	0,96-1,13	100	1045

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ПРАКТИКИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В МАЛОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

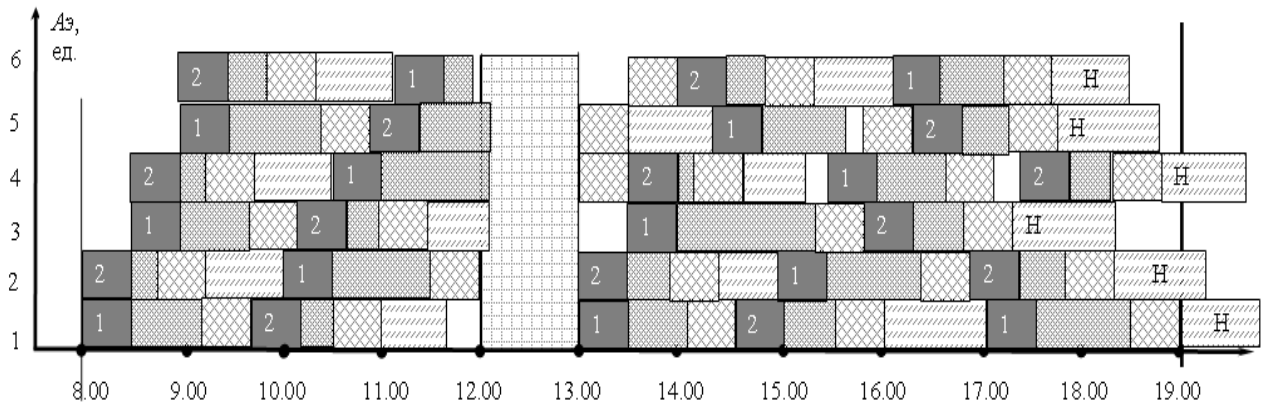


Рисунок 1 – Расписание работы АТС, построенное по результатам практики перевозок грузов

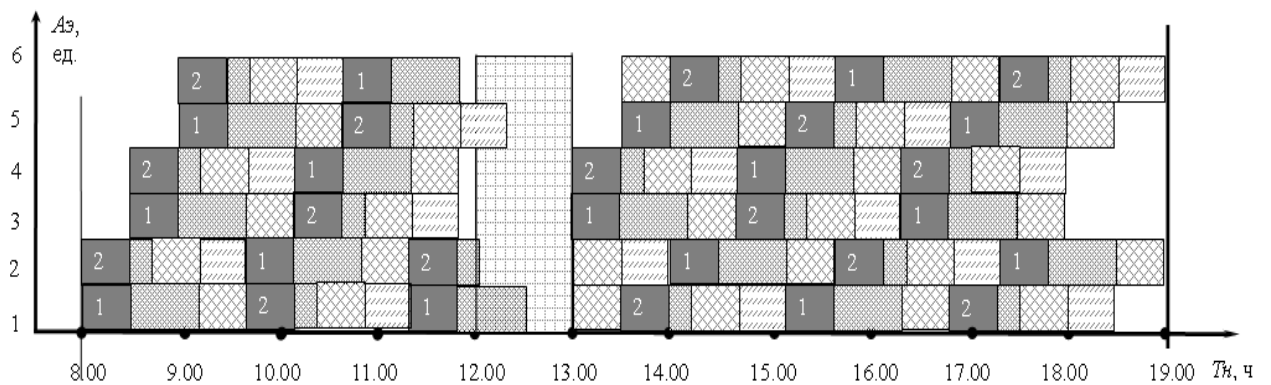


Рисунок 2 – Расписание работы АТС, построенное по результатам ранее разработанных методик

1 - погрузка в П1;
 [Pattern 1] - движение с грузом;
 [Pattern 2] - движение без груза;
 [Pattern 3] - выгрузка;
 [Pattern 4] - ожидание;
 [Pattern 5] - обед грузовых пунктов;
 H - движение без груза в гараж.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ВЫРАБОТКИ
В ТОННАХ И ТОННО-КИЛОМЕТРАХ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗА
АВТОТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ
ПО МЕТОДИКЕ В.И. НИКОЛИНА

Исходные данные: l_{21} – расстояние перевозок груза в прямом направлении, 15 км; l_{22} – 5 км; l_x – холостой пробег, 10 км; V_T – средняя техническая скорость, 20 км/ч; $q\gamma$ – фактическая загрузка АТС, 5 т; t_n – время погрузки АТС, 0,5 ч; T_n – плановое время работы, 10 ч; t_{θ} – время выгрузки АТС, 0,5 ч; β – коэффициент использования пробега за оборот, 0,5. АТС подаются на первую погрузку в начале смены во все грузовые пункты одновременно.

Длина маршрута l_M , в км:

$$l_M = l_{\Gamma 1,2} + l_{x2}; \quad (1)$$

$$l_M = 15 + 5 + 10 = 30 \text{ км.}$$

Время оборота, ч:

$$t_o = \left(\frac{l_M}{V_T} \right) + 2t_{n\theta}; \quad (2)$$

$$t_o = \left(\frac{30}{20} \right) + (0,5 + 0,5) \cdot 2 = 3,5 \text{ ч.}$$

Время первой ездки, ч:

$$t_{e1} = \left(\frac{l_{21}}{V_T} \right) + t_{n\theta}; \quad (3)$$

$$t_{e1} = \left(\frac{15}{20} \right) + 1,0 = 1,75 \text{ ч.}$$

Время второй ездки, ч:

$$t_{e2} = \left(\frac{l_{22} + l_x}{V_T} \right) + t_{n\theta}; \quad (4)$$

$$t_{e2} = \left(\frac{5+10}{20}\right) + 1,0 = 1,75 \text{ ч}$$

Определение ритма работы АТСПГ, ч:

$$R = R_{\max} \{R_{nj}; R_{ej}\}, \quad (5)$$

где R_{nj}, R_{ej} – ритмы работы соответственно погрузочного и разгрузочного пунктов на j -м звене; $R_{\max}$ – максимальная по времени операция (погрузка или выгрузка).

$$R = R_{\max} \{0,5; 0,5\} = 0,5 \text{ ч.}$$

Пропускная способность малой АТСПГ при одновременной подаче АТС во все пункты погрузки групп АТС

$$A_{\mathcal{G}}' = \frac{t_{exp}}{R}. \quad (6)$$

Среднее время ездки, ч:

$$t_{exp} = \frac{t_o}{Z_e^o}; \quad (7)$$

$$t_{exp} = \frac{t_o}{Z_e^o} = 1,75,$$

где Z_e^o – число ездов за оборот на маршруте, ед.

$$T_{Mi} = T_H - R \cdot (i - 1); \quad (8)$$

где i – порядковый номер прибытия группы АТС в пункт погрузки;

T_{Mi} – возможное время работы каждой группы АТС, ч.

$$T_{M1} = 10 - 0,5 \cdot (1 - 1) = 10 \text{ ч};$$

$$T_{M2} = 10 - 0,5 \cdot (2 - 1) = 9,5 \text{ ч};$$

$$T_{M3} = 10 - 0,5 \cdot (3 - 1) = 9,0 \text{ ч.}$$

Количество ездов АТС

$$Z_{ei} = \left[\frac{T_{Mi}}{t_{e,o}} \right] + Z_{ei}'. \quad (9)$$

$$Z_e = \left[\frac{T_H}{t_o} \right] \cdot Z_{eo} + Z_e; \quad (10)$$

$$Z_{e1} = \left[\frac{10}{3,5} \right] \cdot 2 = 5 \text{ ездов.}$$

Проверка возможности выполнения 6-й ездки (первый автомобиль подается на погрузку в Π_1):

$$\Delta T_H = T_H - \left[\frac{T_H}{t_o} \right] \cdot t_o - t_{e1}; \quad (11)$$

$$\Delta T_H = 10 - \left[\frac{10}{3,5} \right] \cdot 3,5 - 1,75 = 1,75 \text{ ч.}$$

$$t_{en2} = \left(\frac{l_{e2}}{V_T} \right) + t_{n6}; \quad (12)$$

$$t_{en2} = \left(\frac{5}{20} \right) + 1,0 = 1,25 \text{ ч.}$$

Поскольку $\Delta T_H = t_{en1}$, т.е. $1,25 < 1,75$; $Z'_e = 1$, первый автомобиль первой группы, идущий на погрузку в Π_1 , сделает 6 ездов.

Выработка в тоннах каждого автомобиля за время в наряде

$$Q_i = \sum_1^{Z_{e1}} (q \cdot \gamma)_i; \quad (13)$$

$$Q_{H1} = 5 \cdot 6 = 30 \text{ т; } Q_{H2} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ т; } Q_{H3} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ т;}$$

$$Q_{H4} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ т; } Q_{H5} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ т; } Q_{H6} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ т.}$$

Выработка в тонно-километрах:

$$P_i = (q\gamma)_i Z_{e1} l_{e1} + (q\gamma)_i Z_{e2} l_{e2}. \quad (14)$$

$$P_{H1} = 5 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 15 + 5 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 5 = 300 \text{ т·км;}$$

$$P_{H2} = 5 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 5 + 5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 15 = 225 \text{ т·км;}$$

$$P_{H3} = 5 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 15 + 5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 5 = 275 \text{ т·км;}$$

$$P_{H4} = 5 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 5 + 5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 15 = 225 \text{ т·км;}$$

$$P_{H5} = 5 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 15 + 5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 5 = 275 \text{ т·км;}$$

$$P_{H6} = 5 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 5 + 5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 15 = 225 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Суммарная выработка в тонно-километрах в малой АТСПГ составит

$$P_{\text{общ}} = 300 + 225 + 275 + 225 + 275 + 225 = 1525 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Итого: в малой АТСПГ в заданных условиях может быть перевезено 155 т и выполнено 1525 т·км.

Таблица В.1 – Результаты сравнения Q и P для АТС при изменении V_T

V_T , км/ч	Q , тонн		Отклонение		P , т·км		Отклонение	
	1	2	т	%	1	2	т·км	%
13	20	12	-9	-73,9	200	125	-75	-59,6
20	25	16	-9	-55,8	275	172	-103	-60,1
27	30	21	-9	-45,6	300	218	-82	-37,5
34	30	25	-5	-19,3	300	265	-35	-13,4
41	35	30	-5	-17,8	300	311	11	3,5

Примечание. 1 – результаты, полученные по методике проф. В.И. Николина; 2 – результаты, полученные с учётом неравномерности работы АТС

Таблица В.2 – Результаты сравнения Q и P в малой АТСПГ при изменении V_T

V_T , км/ч	Q , тонн		Отклонение		P , т·км		Отклонение	
	1	2	т	%	1	2	т·км	%
13	125	122	-3	-2,2	1275	1019	-256	-25,1
20	155	134	-21	-15,5	1525	1177	-348	-29,6
27	180	146	-34	-23,2	1800	1334	-466	-35,0
34	185	158	-27	-17,1	1875	1491	-384	-25,8
41	215	170	-45	-26,5	2175	1648	-527	-32,0

Примечание. 1 – результаты, полученные по методике проф. В.И. Николина; 2 – результаты, полученные с учётом неравномерности работы АТС.

Таблица В.3 – Результаты сравнения Q и P для АТС при изменении $t_{нв}$

$t_{нв}$, ч	Q , тонн		Отклонение		P , т·км		Отклонение	
	1	2	т	%	1	2	т·км	%
0,94	25	25	0	-0,1	225	180	-45	-24,7
0,99	25	22	-3	-13,0	225	169	-56	-33,5
1,04	25	19	-6	-29,6	225	157	-68	-43,7
1,09	25	16	-9	-52,0	225	145	-80	-55,5
1,14	25	14	-11	-83,8	225	133	-92	-69,5

Примечание. 1 – результаты, полученные по методике проф. В.И. Николина; 2 – результаты, полученные с учётом неравномерности работы АТС.

Таблица В.4 – Результаты сравнения Q и P в малой АТСПГ при изменении $t_{нв}$

$t_{нв}$, ч	Q , тонн		Отклонение		P , т·км		Отклонение	
	1	2	т	%	1	2	т·км	%
0,94	155	150	-5	-3,1	1525	1801	276	15,3
0,99	155	137	-18	-12,8	1525	1611	86	5,3
1,04	150	125	-25	-20,4	1500	1420	-80	-5,6
1,09	150	112	-38	-34,2	1500	1230	-270	-21,9
1,14	150	99	-51	-51,6	1500	1040	-460	-44,3

Примечание. 1 – результаты, полученные по методике проф. В.И. Николина; 2 – результаты, полученные с учётом неравномерности работы АТС.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕННОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ

ПРОВЕРКИ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ

Таблица Г.1 – Перечень грузовых-бортовых АТС, выполняющих перевозку грузов в период экспериментальной проверки

Марка	Грузоподъёмность, т
Toyota Hilux	0,8
Toyota Hilux	0,8
ЗИЛ 130	6,0
Isuzu ELF	2,5
Toyota dyna	2,5
Hyundai H-100 (AU) Porter	1,0
MAN TGL 7.150	8,0
ЗИЛ 431810	6,0
ЗИЛ 431810	6,0

Таблица Г.2 – Перечень перевозимого груза, наименование и адреса грузоотправителей и адреса грузополучателей в период экспериментальной проверки

Наименование и адрес грузоотправителя	Вид груза	Адрес грузополучателя
ООО «Мечел Сервис» г. Омск, 2-я Солнечная, 49	Арматура, ЖБИ	Конева 1/1 Конева 1/2 Конева 2 Комарова 21 Комарова 21/1 Комарова 21/2 Комарова 21/3 Туполева 2 корп.3
ООО «Бизнес- Партнер» г. Омск, ул. Докавская, 15	Гипс, ЖБИ	
ООО «ЕвразМеталл Сибирь» г. Омск, Красноярский тракт, 103	ЖБИ	

Таблица Г.3 – Показатели работы АТС с учётом назначения $V_{Tij} \pm \Delta V_{ij}$
случайным образом ($l_z = l_x = 13,5$ км)

Номер ездки по порядку	$V_{Tij} \pm \Delta v_{ij}$ при движении с грузом, км/ч	Время движения с грузом, ч	$V_{Tij} \pm \Delta v_{ij}$ при движении без груза, ч	Время движения без груза, ч	Время оборота, ч
Первое АТС					
1	20	0,7	21	0,6	2,3
2	21	0,6	21	0,6	2,2
3	31	0,4	32	0,4	1,8
4	31	0,4	33	0,4	1,8
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		324			
Второе АТС					
1	32	0,4	29	0,4	1,8
2	28	0,5	27	0,5	2,0
3	26	0,5	25	0,5	2,0
4	22	0,6	20	0,7	2,3
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		324			
Третье АТС					
1	32	0,4	20	0,7	2,1
2	29	0,5	22	0,6	2,1
3	30	0,4	25	0,5	1,9
4	29	0,5	32	0,4	1,9
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		324			
Четвёртое АТС					
1	21	0,6	22	0,6	2,2
2	23	0,6	24	0,6	2,2
3	29	0,5	30	0,4	1,9
4	31	0,4	33	0,4	1,8
Выработка, т		32			
Выработка, т·км		432			

Таблица Г.4 – Показатели работы АТС с учётом назначения $V_{Tij} \pm \Delta V_{ij}$
случайным образом ($l_z = l_x = 12,0$ км)

Номер ездки по порядку	$V_{Tij} \pm \Delta V_{ij}$ при движении с грузом, км/ч	Время движения с грузом, ч	$V_{Tij} \pm \Delta V_{ij}$ при движении без груза, ч	Время движения без груза, ч	Время оборота, ч
1	2	3	4	5	6
Первое АТС					
1	20	0,6	20	0,6	2,2
2	31	0,4	31	0,4	1,8
3	31	0,4	32	0,4	1,8

Продолжение таблицы Г.4

1	2	3	4	5	6
4	20	0,6	33	0,4	2,0
5	24	0,5	21	0,6	2,1
Выработка, т		40			
Выработка, т·км		480			
Второе АТС					
1	22	0,5	20	0,6	2,1
2	20	0,6	21	0,6	2,2
3	20	0,6	20	0,6	2,2
5	23	0,5	22	0,5	2,0
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		360			
Третье АТС					
1	30	0,4	21	0,6	2,0
2	28	0,4	23	0,5	1,9
3	30	0,4	21	0,6	2,0
4	28	0,4	21	0,6	2,0
5	25	0,5	22	0,5	2,0
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		360			
Четвёртое АТС					
1	30	0,4	22	0,5	1,9
2	24	0,5	24	0,5	2,0
3	28	0,4	30	0,4	1,8
4	20	0,6	22	0,5	2,1
5	21	0,6	23	0,5	2,1
Выработка, т		12			
Выработка, т·км		360			

Таблица Г.5 – Показатели работы АТС с учётом назначения $V_{Tij} \pm \Delta V_{ij}$
случайным образом ($l_z = l_x = 15,0$ км)

Номер ездки по порядку	$V_{Tij} \pm \Delta v_{lij}$ при движении с грузом, км/ч	Время движении с грузом, ч	$V_{Tij} \pm \Delta v_{ij}$ при движении без груза, ч	Время движении без груза, ч	Время оборота, ч
1	2	3	4	5	6
Первое АТС					
1	20	0,8	22	0,7	2,5
2	22	0,7	23	0,7	2,4
3	21	0,5	30	0,5	2,0
4	31	0,5	23	0,7	2,2
5	24	0,6	22	0,7	2,3
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		450			
Второе АТС					

Продолжение таблицы Г.5

1	2	3	4	5	6
1	23	0,7	25	0,6	2,1
2	20	0,8	25	0,6	2,2
3	31	0,5	22	0,7	2,0
4	20	0,8	23	0,7	2,3
5	26	0,6	21	0,7	2,1
Выработка, т		4			
Выработка, т·км		60			
Третье АТС					
1	31	0,5	28	0,5	1,8
2	23	0,7	28	0,5	2,0
3	25	0,6	27	0,6	2,0
4	20	0,8	29	0,5	2,1
5	29	0,5	24	0,6	1,9
Выработка, т		4			
Выработка, т·км		60			
Четвёртое АТС					
1	26	0,6	22	0,7	2,3
2	22	0,7	23	0,7	2,4
3	24	0,6	30	0,5	2,1
4	29	0,5	21	0,7	2,2
5	24	0,6	22	0,7	2,3
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		450			
Пятое АТС					
1	25	0,6	21	0,7	2,3
2	23	0,7	24	0,7	2,4
3	25	0,6	26	0,5	2,1
4	28	0,5	22	0,7	2,2
5	29	0,6	20	0,7	2,3
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		450			

Таблица Г.6 – Показатели работы АТС с учётом назначения $V_{Tij} \pm \Delta V_{ij}$
случайным образом ($l_z = l_x = 9,0$ км)

Номер ездки по порядку	$V_{Tij} \pm \Delta v_{ij}$ при движении с грузом, км/ч	Время движении с грузом, ч	$V_{Tij} \pm \Delta v_{ij}$ при движении без груза, ч	Время движении без груза, ч	Время оборота, ч
1	2	3	4	5	6
Первое АТС					
1	26	0,3	21	0,4	1,7
2	29	0,3	24	0,4	1,7
3	30	0,3	31	0,3	1,6
4	22	0,4	21	0,4	1,8
Выработка, т		32			
Выработка, т·км		288			
Второе АТС					

Продолжение таблицы Г.6

1	32	0,3	30	0,3	1,6
2	25	0,4	24	0,4	1,8
3	22	0,4	30	0,3	1,7
4	20	0,5	23	0,4	1,9
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		270			
Третье АТС					
1	32	0,3	30	0,3	1,6
2	25	0,4	24	0,4	1,8
3	22	0,4	30	0,4	1,8
4	20	0,4	23	0,4	1,8
5	29	0,3	24	0,4	1,7
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		270			
Четвёртое АТС					
1	30	0,3	28	0,3	1,6
2	25	0,4	24	0,3	1,7
3	22	0,4	26	0,3	1,7
4	20	0,4	23	0,4	1,8
5	29	0,3	25	0,4	1,7
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		270			

Таблица Г.7 – Показатели работы АТС с учётом назначения $V_{Tij} \pm \Delta v_{ij}$
случайным образом ($l_z = l_x = 9,0$ км)

Номер ездки по порядку	$V_{Tij} \pm \Delta_{Vij}$ при движении с грузом, км/ч	Время движении с грузом, ч	$V_{Tij} \pm \Delta_{Vij}$ при движении без груза, ч	Время движении без груза, ч	Время оборота, ч
1	2	3	4	5	6
Первое АТС					
1	32	0,3	24	0,4	1,7
2	22	0,4	24	0,4	1,8
3	29	0,3	26	0,3	1,6
4	22	0,4	23	0,4	1,8
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		216			
Второе АТС					
1	21	0,4	26	0,3	1,7
2	22	0,4	27	0,3	1,7
3	24	0,4	25	0,4	1,8
4	27	0,3	26	0,3	1,6
Выработка, т		32			
Выработка, т·км		288			
Третье АТС					
1	25	0,4	20	0,5	1,9

Продолжение таблицы Г.7

1	2	3	4	5	6
2	23	0,4	24	0,4	1,8
3	26	0,3	29	0,3	1,6
	22	0,4	23	0,4	1,8
Выработка, т		4			
Выработка, т·км		36			
Четвёртое АТС					
1	28	0,3	22	0,4	1,7
2	29	0,3	20	0,5	1,8
3	29	0,3	28	0,3	1,6
4	28	0,3	22	0,4	1,7
5	29	0,3	20	0,5	1,8
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		270			
Пятое АТС					
1	25	0,5	23	0,5	2,0
2	29	0,3	21	0,6	1,9
3	30	0,3	27	0,4	1,7
	21	0,4	24	0,5	1,9
	31	0,3	20	0,5	1,8
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		270			

Таблица Г.8 – Показатели работы АТС с учётом назначения $t_{n-в i,j} \pm \Delta_{n-в i}$
случайным образом ($l_z = l_x = 12,0$ км)

Номер ездки по порядку	$t_{n-в i,j} \pm \Delta_{n-в}$, ч	Время оборота, ч	Номер ездки по порядку	$t_{n-в i,j} \pm \Delta_{n-в}$, ч	Время оборота, ч
1	2	3	4	5	6
Первое АТС					
1	0,9	1,9	3	1,0	2,0
2	1,0	2,0	4	1,1	2,1
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		288			
Второе АТС					
1	0,9	1,9	3	1,0	2,0
2	0,9	1,9	4	1,0	2,0
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		288			
Третье АТС					
1	1,0	2,0	3	1,0	2,0
2	1,0	2,0	4	1,1	2,1
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		288			
Четвёртое АТС					

Продолжение таблицы Г.8

1	2	3	4	5	6
1	0,9	1,9	3	1,0	2,0
2	1,0	2,0	4	0,9	1,9
Выработка, т		32			
Выработка, т·км		384			
Пятое АТС					
1	1,1	2,1	3	1,0	2,0
2	1,0	2,0	4	1,1	2,1
Выработка, т		10			
Выработка, т·км		120			

Таблица Г.9 – Показатели работы АТС с учётом назначения $t_{n-в i,j} \pm \Delta_{n-в i}$
случайным образом ($l_z = l_x = 16,0$ км)

Номер ездки по порядку	$t_{n-в\ i,j} \pm \Delta_{n-в},$ ч	Время оборота, ч	Номер ездки по порядку	$t_{n-в\ i,j} \pm \Delta_{n-в},$ ч	Время оборота, ч
Первое АТС					
1	0,9	2,2	3	0,9	2,2
2	1,0	2,3	4	1,1	2,4
Выработка, т		32			
Выработка, т·км		512			
Второе АТС					
1	0,9	2,2	3	1,1	2,4
2	1,0	2,3	4	1,1	2,4
5	0,9	2,2			
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		480			
Третье АТС					
1	1,0	2,3	3	1,0	2,3
2	1,0	2,3	4	1,1	2,4
5	1,0	2,3			
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		480			
Четвёртое АТС					
1	0,9	2,2	3	0,8	2,1
2	0,8	2,1	4	1,0	2,3
Выработка, т		10			
Выработка, т·км		160			
Пятое АТС					
1	0,9	2,2	3	0,8	2,1
2	1,0	2,3	4	0,9	1,2
Выработка, т		10			
Выработка, т·км		160			

Таблица Г.10 – Показатели работы АТС с учётом назначения $t_{n-в\ i,j} \pm \Delta_{n-в\ i}$ случайным образом ($l_z = l_x = 14,0$ км)

Номер ездки по порядку	$t_{n-в\ i,j} \pm \Delta_{n-в},$ ч	Время оборота, ч	Номер ездки по порядку	$t_{n-в\ i,j} \pm \Delta_{n-в},$ ч	Время оборота, ч
Первое АТС					
1	0,9	2,0	3	1,1	2,2
2	0,8	1,9	4	1,0	2,1
5	1,1	2,2			
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		420			
Второе АТС					
1	0,9	2,0	3	1,1	2,2
2	1,1	2,2	4	1,0	2,1
1	2	3	4	5	6
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		336			
Третье АТС					
1	0,8	1,9	3	1,0	2,1
2	0,8	1,9	4	0,9	1,9
5	1,1	2,2			
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		175			
Четвёртое АТС					
1	0,9	2,0	3	0,9	2,0
2	0,8	1,9	4	1,0	2,1
5	0,8	1,9			
Выработка, т		12,5			
Выработка, т·км		175			
1	0,9	1,9	3	0,9	1,9
2	0,9	1,9	4	1,0	2,1
5	0,9	1,9			
Выработка, т		5			
Выработка, т·км		70			

Таблица Г.11 – Показатели работы АТС с учётом назначения $t_{n-в\ i,j} \pm \Delta_{n-в\ i}$ случайным образом ($l_z = l_x = 9,5$ км)

Номер ездки по порядку	$t_{n-в\ i,j} \pm \Delta_{n-в},$ ч	Время оборота, ч	Номер ездки по порядку	$t_{n-в\ i,j} \pm \Delta_{n-в},$ ч	Время оборота, ч
1	2	3	4	5	6
Первое АТС					
1	1,1	1,9	3	1,1	1,9
2	1,1	1,9	4	1,0	1,8
Выработка, т		32			
Выработка, т·км		304			
Второе АТС					

Продолжение таблицы Г.11

1	2	3	4	5	6
1	0,8	1,6	3	1,0	1,8
2	1,0	1,8	4	0,9	1,7
5	0,8	1,6			
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		284			
Третье АТС					
1	0,9	1,7	3	1,1	1,9
2	1,1	1,9	4	1,0	1,8
5	1,0	1,8			
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		285			
Четвёртое АТС					
1	0,9	1,7	3	1,1	1,9
2	1,1	1,9	4	1,0	1,8
5	0,9	1,7			
Выработка, т		30			
Выработка, т·км		285			

Таблица Г.12 – Показатели работы АТС с учётом назначения $t_{n-e i,j} \pm \Delta_{n-e i}$ случайным образом ($l_z = l_x = 14,5$ км)

Номер ездки по порядку	$V_{T l i,j} \pm \Delta_{V l i,j}$ при движении с грузом, км/ч	Время движении с грузом, ч	$V_{T i,j} \pm \Delta_{V i,j}$ при движении без груза, ч	Время движении без груза, ч	Время оборота, ч
Первое АТС					
1	0,8	2,0	3	1,1	2,3
2	0,8	2,0	4	1,0	2,2
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		348			
Второе АТС					
1	0,9	2,1	3	1,0	2,2
2	0,9	2,1	4	1,0	2,2
Выработка, т		32			
Выработка, т·км		464			
Третье АТС					
1	1,1	2,3	3	1,1	2,3
2	1,1	2,3	4	1,0	2,2
Выработка, т		4			
Выработка, т·км		58			
Четвёртое АТС					
1	1,0	2,2	3	1,1	2,3
2	1,1	2,3	4	1,0	2,2
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		348			
Пятое АТС					
1	1,0	2,2	3	1,1	2,3
2	1,0	2,2	4	1,0	2,2
Выработка, т		24			
Выработка, т·км		348			

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
СПРАВКИ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

«Утверждаю»

Руководитель предприятия
ООО «Бенар-Авто»

Чередников Ю.И.

20 апреля 2015 г.



АКТ

об использовании результатов исследований, выполненных в диссертационной работе
«Методика оперативного планирования перевозок грузов с учетом
неравномерности работы автотранспортных средств»
Трофимовым Борисом Сергеевичем

ООО «Бенар-Авто» занимается перевозкой грузов автомобильным транспортом. При разработке плана перевозок на предприятии используется методика оперативного планирования без учёта неравномерности работы автотранспортных средств.

В ООО «Бенар-Авто» переданы результаты исследований, выполненные Б.С. Трофимовым в рамках диссертационной работы, а именно:

- модель функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств;
- схема модели функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств;
- схема методики оперативного планирования перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств.

На примере перевозок грузов в малой автотранспортной системе выполнена экспериментальная проверка по определению соответствию разработанной методики оперативного планирования перевозок грузов. Наблюдения проводились 75 дней. Установлены значения выработки в тоннах и тонно-километрах, полученные по результатам натурных наблюдений. Ежедневные результаты выработки в тоннах и тонно-километрах за эти дни сравнивались с результатами оперативного планирования по предлагаемой методике, разработанной в диссертации.

Применение разработанной методики позволит обеспечить выполнение плана перевозок грузов в малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС и за счет этого получить прирост прибыли от 39,5 руб. (0,9 %) до 342,0 руб. (10,5 %) в отдельный день наблюдения, а также исключить необоснованно завышенную прибыль при планировании.

Менеджер по планированию и организации
перевозок грузов

И.В. Белкин

«Утверждаю»



Руководитель предприятия
ООО «Газавтосервис»
Рудских В.И.

14 ноября 2014 г.

АКТ

о внедрении результатов исследований, выполненных в диссертационной работе
«Методика оперативного планирования перевозок грузов с учетом
неравномерности работы автотранспортных средств»
Трофимовым Борисом Сергеевичем

В предприятие ООО «Газавтосервис» были переданы:

- модель функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств;
- схема модели функционирования малой автотранспортной системы перевозок грузов с учетом неравномерности работы автотранспортных средств;
- схема методики оперативного планирования перевозок грузов с учетом неравномерности работы АТС.

Применение результатов исследований позволило получить прибыль в размере 4202,1 руб. за смену при перевозке фундаментных блоков на строительный объект по маятниковому маршруту с обратным не гружёным пробегом (расстояние перевозок грузов 15 км) автомобилями МАЗ-642208-230 в количестве пяти единиц. Прибыль, полученная с применением результатов исследований на 360,1 руб. (8,6%) больше, чем прибыль, рассчитанная с применением плана перевозок существовавшего на предприятии.

Менеджер по планированию, организации
и управлению перевозками грузов

A handwritten signature in dark ink, likely belonging to I.I. Zayarnyuk.

И.И. Заярный

«Утверждаю»
Проректор по учебной и воспитательной работе
ФГБОУ ВПО «СибАДИ»



Е.О. Чебакова

23 июня 2014 года

АКТ

внедрения в учебный процесс результатов диссертационной работы
«Методика оперативного планирования перевозок грузов с учетом
неравномерности работы автотранспортных средств» аспиранта
Трофимова Бориса Сергеевича

Материалы и результаты научных исследований внедрены в учебный процесс кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» при чтении лекций, проведении лабораторных занятий, а также в курсовом проектировании по дисциплинам: «Информационные системы в автомобильных перевозках», «Теория принятия решений» и «Специальные вопросы организации грузовых автомобильных перевозок» для магистрантов, обучающихся по направлению «Технология транспортных процессов» магистерской программы «Организация и управление транспортными процессами» специальность 190700.

В указанных дисциплинах изучаются схемы модели функционирования малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС и её программно-математическое обеспечение, методика оперативного планирования перевозок грузов в малой АТСПГ с учетом неравномерности работы АТС.

Заведующий кафедрой «ОПиУТ»
доктор техн. наук, профессор

Е.Е.Витвицкий

Зам. декана факультета «АТ»
кан-т техн. наук, доцент

И.М. Князев

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
СВИДЕТЕЛЬСТВО О ГОСУДАРСТВЕННОЙ
РЕГИСТРАЦИИ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

