

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
кафедра «Транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Е.С. Воеводин

« ___ » _____ 2021 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.01 – Технология транспортных процессов

Совершенствование перевозок грузов на примере ООО «Автоспецстрой»

Пояснительная записка

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Е.В. Фомин

Выпускник

Т.А. Берест

Красноярск 2021

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
кафедра «Транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Е.С. Воеводин

« ___ » _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту Берест Татьяне Андреевне

Группа ФТ17-04Б Направление (специальность) 23.03.01

Технология транспортных процессов

Тема выпускной квалификационной работы: «Совершенствование перевозок грузов на примере ООО «Автоспецстрой»

Утверждена приказом по университету № 369/с от 18.01.2021 г.

Руководитель ВКР: Е.В. Фомин – канд. техн. наук, доцент Кафедры «Транспорт» ПИ СФУ

Исходные данные для ВКР: данные деятельности предприятия ООО «Автоспецстрой»

Перечень разделов ВКР:

Технико-экономическое обоснование. Анализ производственно-технической базы ООО «Автоспецстрой», парка подвижного состава, существующей системы перевозки грузов, грузовых потоков.

Технологическая часть. Анализ методов маршрутизации. Выбор метода маршрутизации. Построение оптимальных маршрутов. Расчет программы перевозок. Анализ систем расчетов маршрутов.

Перечень графического материала

Презентационный материал

Руководитель ВКР

Е.В. Фомин

Задание принял к исполнению

Т.А. Берест

«___» _____ 2021 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Совершенствование перевозок грузов на примере ООО «Автоспецстрой» содержит 103 страницы текстового документа, 21 формулу, 49 рисунков, 15 таблиц, 4 приложения, 17 использованных источников, 11 листов графического материала.

ПРОЦЕСС ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ, ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ, ГРУЗОВЫЕ ПОТОКИ, МАРШРУТИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ.

В разделе «Технико-экономическое обоснование» приведена характеристика предприятия, его производственно-техническая база, произведен анализ парка подвижного состава, рассмотрен объем перевозок грузов, характеристика грузопотоков и проанализирована существующая система перевозки грузов.

В технологической части выпускной квалификационной работы проведен обзор и анализ методов маршрутизации, выбран метод маршрутизации, смоделирована транспортная сеть города Красноярск, произведен расчет кратчайших расстояний, рассчитаны оптимальные маршруты, произведен расчет программы перевозок, а также произведен обзор и анализ систем расчетов маршрутов.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|--------|
| Введение..... | 6 |
| 1 Технико-экономическое обоснование | 7 |
| 1.1 Краткая характеристика предприятия..... | 7 |
| 1.2 Характеристика производственно-технической базы предприятия | 8 |
| 1.3 Анализ парка подвижного состава | 9 |
| 1.4 Анализ существующей системы перевозки грузов | 13 |
| 1.4.1 Описание поставщиков..... | 16 |
| 1.4.2 Описание потребителей..... | 18 |
| 1.4.3 Анализ грузопотоков | 19 |
| 1.5 Вывод по технико-экономическому обоснованию..... | 27 |
| 2 Технологическая часть | 28 |
| 2.1 Обзор и анализ методов маршрутизации..... | 28 |
| 2.2 Описание выбранного метода маршрутизации..... | 33 |
| 2.2.1 Моделирование транспортной сети | 38 |
| 2.2.2 Расчет кратчайших расстояний | 39 |
| 2.3 Построение оптимальных маршрутов | 43 |
| 2.4 Расчет программы перевозок | 66 |
| 2.5 Обзор и анализ систем расчетов маршрутов..... | 73 |
| Заключение | 78 |
| Список сокращений | 79 |
| Список использованных источников | 80 |
| Приложение А–Г | 82-103 |

ВВЕДЕНИЕ

Объектом выпускной квалификационной работы является предприятие ООО «Автоспецстрой».

ООО «Автоспецстрой» существует 11 лет, и за это время компания успела зарекомендовать себя, как ответственным и исполнительным партнером на рынке грузоперевозок. Основным видом деятельности предприятия является перевозка грузов специализированными автотранспортными средствами. Также компания предоставляет в аренду различную спецтехнику от известных мировых производителей, организует вскрышные и иные работы.

Целью бакалаврской работы является совершенствование перевозок грузов ООО «Автоспецстрой» на примере инертных материалов. В данной работе будет рассмотрена перевозка щебня и песка специализированными транспортными средствами.

Задачи выпускной квалификационной работы: сбор и изучение информации, которая характеризует общее состояние предприятия; совершенствование действующей технологии перевозок грузов; создание оптимальных маршрутов движения транспортных средств.

Актуальность данной работы заключается в том, что перевозка инертных материалов на неспециализированных транспортных средствах может создать неблагоприятные условия для безопасного движения других участников дорожного движения, путем потери груза при перевозке инертных материалов. Поэтому очень важно правильно подбирать подвижной состав, а также учитывать основные физико-химические свойства груза.

1 Технико-экономическое обоснование

1.1 Краткая характеристика предприятия

Полное фирменное наименование предприятия: общество с ограниченной ответственностью «АВТОСПЕЦСТРОЙ».

Сокращенное фирменное наименование предприятия: ООО «АВТОСПЕЦСТРОЙ».

Контактная информация предприятия представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Контактная информация предприятия

| | |
|----------------------------------|---|
| Юридический адрес | 660111, Российская Федерация, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Башиловская, 18, офис 204 |
| Адрес электронной почты (e-mail) | e-mail:2906484@mail.ru |
| Контактный телефон | (391) 206-79-64, 206-79-65 |

Руководителем является директор Ахмедханов Латиф Ахмедханович.

Форма собственности: коммерческая организация.

Целями деятельности ООО «Автоспецстрой» являются расширение рынка товаров и услуг, извлечение прибыли.

Основным видом деятельности предприятия является перевозка грузов специализированными автотранспортными средствами.

Дополнительными видами деятельности являются:

- 1) деятельность по обезвреживанию и размещению отходов I – IV классов опасности;
- 2) строительство жилых и нежилых зданий;
- 3) разборка и снос зданий, расчистка строительных участков;
- 4) производство земляных работ;
- 5) производство электромонтажных работ;
- 6) производство санитарно-технических работ, монтаж отопительных систем и систем кондиционирования воздуха;

- 7) производство прочих строительно-монтажных работ;
- 8) производство штукатурных работ;
- 9) производство столярных и плотничных работ;
- 10) работы по устройству покрытий полов и облицовке стен;
- 11) производство малярных и стекольных работ;
- 12) производство прочих отделочных и завершающих работ;
- 13) производство кровельных работ;
- 14) производство гидроизоляционных работ;
- 15) производство других строительных специализированных работ;
- 16) оптовая торговля лесоматериалами, строительными материалами и санитарно-техническим оборудованием;
- 17) оптовая торговля неспециализированная;
- 18) деятельность вспомогательная прочая, связанная с перевозками.

Компания «Автоспецстрой» предлагает следующие виды работ:

- 1) выемка грунта;
- 2) экскавация и вывоз вскрыши с карьеров;
- 3) дробление материала;
- 4) аренда спецтехники;
- 5) поставка инертных материалов;
- 6) перевозка грузов по России и Красноярскому краю.

Также ООО «Автоспецстрой» осуществляет продажу и доставку инертных материалов с карьера «Чернореченский» Козульского района, Красноярского края: щебень гранитный фракции 0-10, 10-20, 25-60, 5-20, 20-40, 40-70, 70-120; песок строительный; песчано-гравийная смесь; песок речной (мытый).

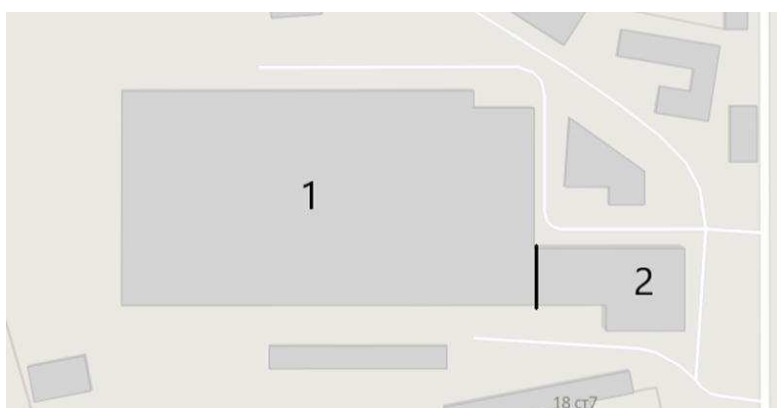
1.2 Характеристика производственно-технической базы предприятия

ООО «Автоспецстрой» имеет во временном владении и пользовании недвижимое имущество, а именно:

1) помещения площадью 2 304 м², расположенное по адресу: 660111, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Башиловская, 18, в качестве производственного помещения;

2) помещения площадью 216 м², расположенное по адресу: 660111, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Башиловская, 18, офис 204, в качестве офисных помещений.

На рисунке 1.1 представлена схема арендуемых помещений ООО «Автоспецстрой».



1 – производственное помещение; 2 – административное помещение

Рисунок 1.1 – Схема, арендуемых помещений

Производственное помещение используется в качестве стояночного бокса для парка подвижного состава предприятия. Техническое оснащение и ремонт подвижного состава осуществляется с помощью сторонних предприятий.

Административное помещение используется в качестве офиса организации.

1.3 Анализ парка подвижного состава

Подвижным составом автомобильного транспорта называют автомобили, автомобильные поезда, прицепы и полуприцепы. Подвижной состав служит для выполнения транспортных и нетранспортных работ: перевозки грузов,

пассажиров и специального оборудования для производства различных операций [2].

Парк подвижного состава ООО «Автоспецстрой» обширен и многообразен. В ведение предприятия имеются автомобили-самосвалы, седельные тягачи, бортовые грузовые автомобили, бульдозеры и экскаваторы, а также автокран и автогрейдер.

Так как в работе рассматривается процесс доставки груза навалом, рассмотрим и проанализируем только тот подвижной состав, который участвует в доставке. Автомобили-самосвалы относятся к специализированным грузовым автомобилям.

Специализированные грузовые автомобили служат для перевозки грузов только определенных видов. Они имеют приспособленные для таких перевозок кузова и оборудуются специальными устройствами и приспособлениями для погрузки и разгрузки [2].

Список и краткая характеристика транспорта для перевозки груза навалом представлена в таблице А1 приложения А.

Проанализировав таблицу А1, можно сделать вывод о том, что подвижной состав предприятия представлен автомобилями-самосвалами иностранного производства с грузоподъемностью 28 и 24 т. Максимальный срок эксплуатации достигает 10 лет. 3 единицы автомобиля-самосвала не исправны.

Структура парка подвижного состава по маркам и модели представлена в таблице 1.2, а удельный вес в виде диаграммы на рисунке 1.2.

Таблица 1.2 – Структура парка подвижного состава по маркам и модели

| Марка, модель | Количество единиц | Удельный вес, % |
|----------------|-------------------|-----------------|
| MAN TGS | 19 | 43,2 |
| MAN M4MK | 10 | 22,7 |
| MAN 9596-09-50 | 1 | 2,3 |
| SCANIA P400 | 14 | 31,8 |
| Итого | 44 | 100 |

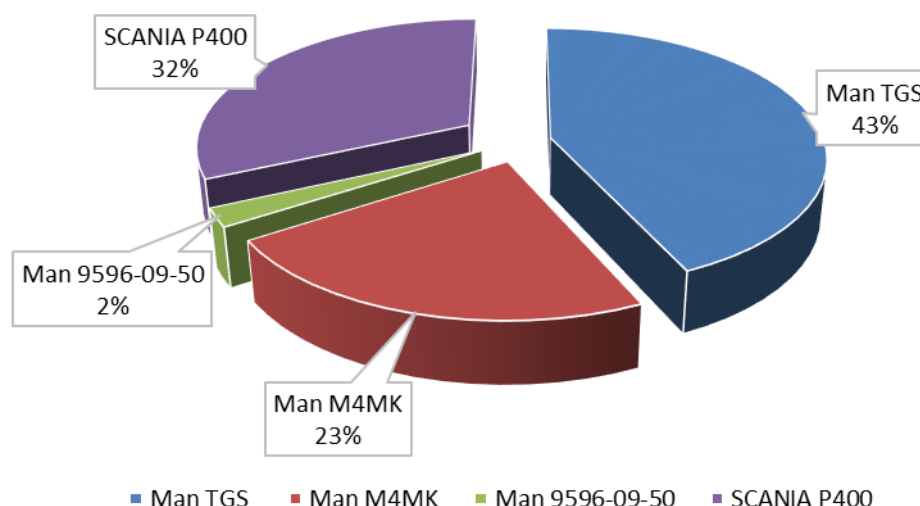


Рисунок 1.2 – Структура парка подвижного состава по маркам и модели

Проанализировав структуру парка подвижного состава по маркам и модели из таблицы 1.2 и рисунка 1.2, можно сказать, что наибольший удельный вес 43% имеет марка MAN модели TGS. Меньше всего на балансе у предприятия находится MAN 9596-09-50, удельный вес которой составил 2%.

Анализ парка по сроку эксплуатации представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Анализ парка по сроку эксплуатации

| Срок эксплуатации | Количество единиц | Удельный вес, % |
|-------------------|-------------------|-----------------|
| До 4 лет | 13 | 29,5 |
| До 8 лет | 28 | 63,6 |
| Свыше 8 лет | 3 | 6,8 |
| Итого | 44 | 100 |

Из таблицы 1.3 можно сделать вывод о том, что 3 единицы подвижного состава из 44 имеющихся эксплуатируются более 8 лет. 13 единиц подвижного состава эксплуатируются до 4 лет, из них в 2017 году были обновлены 4 единицы, в 2018 – 6 единиц, в 2019 – 2 единицы и в 2020 – 1 единица подвижного состава.

На рисунке 1.3 представлено процентное соотношение подвижного состава по сроку эксплуатации.

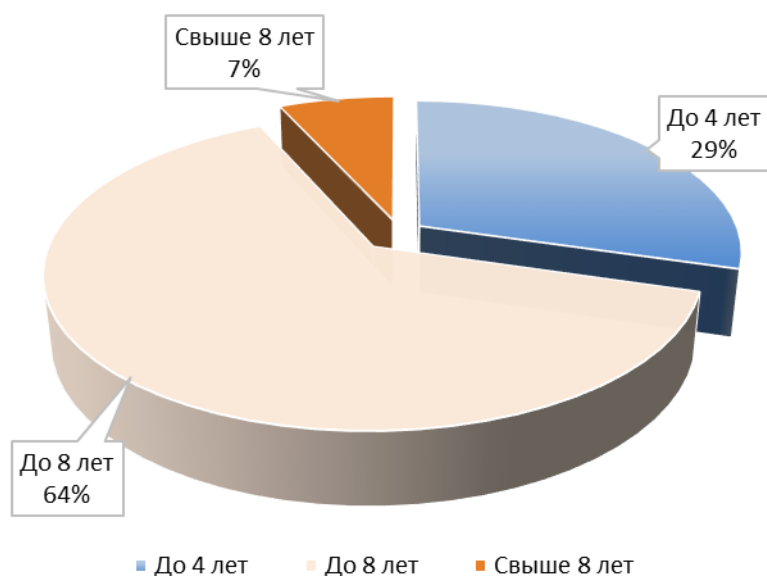


Рисунок 1.3 – Структура парка подвижного состава по сроку эксплуатации

Из рисунка 1.3 видно, что всего 7% парка подвижного состава эксплуатируется более 8 лет, 64% – от 4 до 8 лет, и 29% до 4 лет включительно.

Анализ парка подвижного состава по пробегу представлен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Анализ парка подвижного состава по пробегу

| Общий пробег, тыс. км | Количество единиц | Удельный вес, % |
|-----------------------|-------------------|-----------------|
| До 150 | 7 | 15,9 |
| 150–350 | 32 | 56,8 |
| Свыше 350 | 5 | 27,3 |
| Итого | 44 | 100 |

Из таблицы 1.4 можно сделать вывод о том, что 39 автомобилей имеют пробег меньше нормативного – 350 тыс. км, и 5 автомобилей имеют пробег выше нормативного значения для грузовых автомобилей.

На рисунке 1.4 представлено процентное соотношение подвижного состава по общему пробегу.

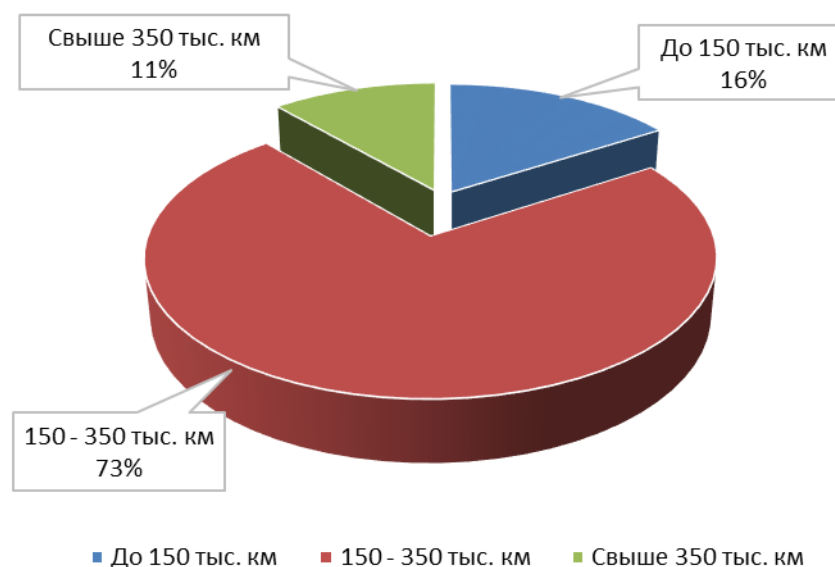


Рисунок 1.4 – Структура парка подвижного состава по пробегу

Из рисунка 1.4 видно, что 11% парка подвижного состава требует замены, так как пробег автомобилей превышает нормативного значения и дальнейшее его эксплуатация будет экономически не выгодна для предприятия.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о том, что подвижной состав предприятия представлен автомобилями-самосвалами иностранного производства, большая часть парка имеет грузоподъемность равную 28 т., в большей степени подвижной состав имеет срок эксплуатации менее 8 лет, коэффициент технической готовности составляет порядка 0,8, из этого следует, что подвижной состав находится в пределах амортизационного периода и в глобальной замене не нуждается.

1.4 Анализ существующей системы перевозки грузов

Предприятие ООО «Автоспецстрой» осуществляет перевозку инертных материалов специализированными транспортными средствами. Весь процесс перевозки можно разделить на этапы.

Первый этап включает в себя подачу заявки на поставку того или иного материала, посредством заключения спецификаций. Спецификация составляется

в письменном виде и прилагается приложением к основному договору. Спецификация включает в себя полное представление информации о перечне материалов, единице их измерения, количестве, виде, назначении, а также прочих характеристиках и особенностях. Заявки могут подаваться лично, по электронной почте и в телефонном режиме. Во время заключения договора также обсуждается момент предоставления транспортных средств. В конечном итоге заключается договор.

На втором этапе производится передача информации о заявке на поставку в транспортно-логистический отдел. Этот отдел занимается организацией и контролем осуществления перевозки грузов. Также в их обязанности входит оформление сопроводительной документации. Здесь же контролируется подача подвижного состава заказчику, непосредственно этим занимается диспетчерская служба. Решением о подаче подвижного состава согласно заключенному договору занимается старший диспетчер.

На третьем этапе осуществляется выполнение договора. Подвижной состав сначала отправляется до карьера, где производится погрузка инертного материала в кузов самосвала.

Операции погрузки могут осуществляться различными погрузочными машинами. В качестве погрузочного оборудования на карьерах применяют машины циклического действия: одноковшовые экскаваторы, а также непрерывного действия: многоковшовые цепные экскаваторы.

Многоковшовые экскаваторы применяются для рытья траншей, каналов, добычи глины и других, нерудных строительных материалов в карьерах. По назначению они делятся: карьерные; погрузочные; траншейные (канавокопатели); плавучие землечерпалки. Многоковшовые экскаваторы по конструкции делятся на роторные и цепные. Рабочий орган экскаваторов первой группы представляет собой вращающееся относительно своей горизонтальной оси рабочее колесо (ротор), на котором укреплены ковши. Ковши многоковшовых цепных экскаваторов закрепляются на цепях, образующих криволинейный замкнутый контур.

К машинам цикличного действия относятся одноковшовые универсальные экскаваторы, которые производят все операции по разработке, транспортированию и погрузке грунта последовательно в определенном порядке, многократно повторяя цикл работы.

Экскаваторы непрерывного действия разрабатывают и одновременно транспортируют грунт в отвал или грузят в транспортное средство. Рабочий цикл машины цикличного действия состоит из операций захвата материала, его перемещения, выгрузки и возврата рабочего органа или машины в целом на исходную позицию следующего рабочего цикла [3].

После погрузки подвижной состав отправляется до пункта назначения, где производится разгрузка. Выгрузка материала осуществляется автомобилем-самосвалом, посредством подъема кузова с помощью разгрузочных механизмов (подъемников).

Далее подвижной состав возвращается на карьер и процесс повторяется.

На рисунке 1.5 представлена схема доставки груза потребителю.



Рисунок 1.5 – Схема доставки груза потребителю

ООО «Автоспецстрой» расположено в г. Красноярск по адресу ул. Башиловская, 18 (рисунок 1.6).

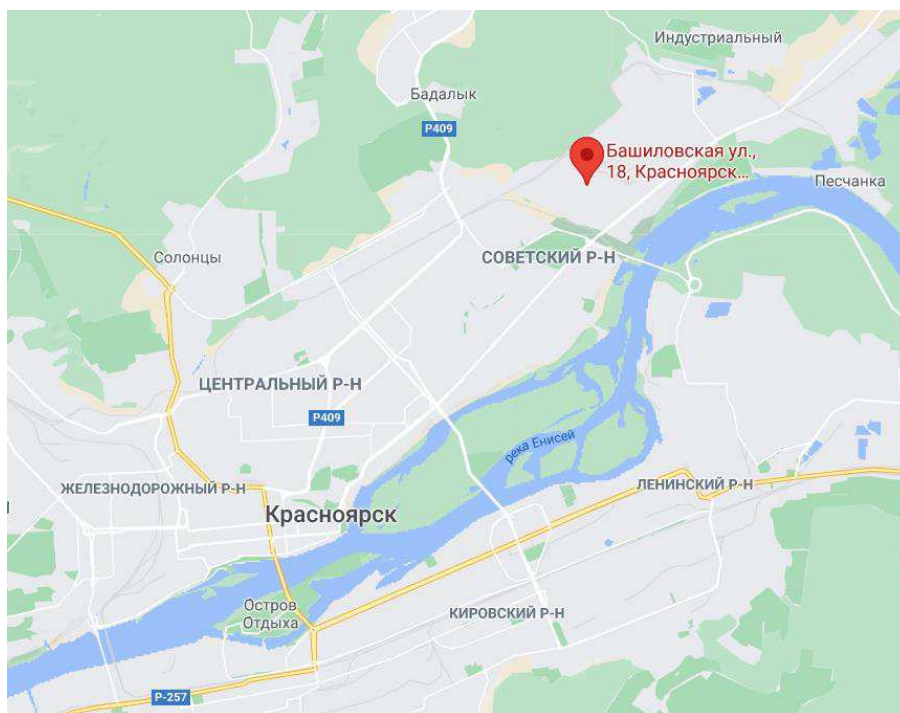


Рисунок 1.6 – Месторасположения предприятия ООО «Автоспецстрой»

1.4.1 Описание поставщиков

Предприятие ООО «Автоспецстрой» для осуществления доставки инертных материалов сотрудничает с карьерами. Рассмотрим основные карьеры, которые представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Характеристика карьеров [4]

| Наименование карьера | Наименование инертного материала |
|----------------------|---|
| Песчанка | Щебень размером фракции 5-20 Песок: природный мелкий, средний; мытый мелкий, средний |
| Березовка | Щебень – размеры фракций: 5-10, 5-20, 10-20 мм Песок: природный средний; мытый мелкий, средний |
| Терентьево | Щебень – размеры фракций: 5-20, 20-40 мм Природный песок, растворный песок, песок для бетона |
| Карьер ХМЗ | Щебень – размеры фракций: 0-25, 40-70 мм |
| Придорожный | Песок желтый, песок для бетона, кладочный песок |

Месторасположение карьеров на карте представлено на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – Месторасположение карьеров на карте

Основные материалы, которые чаще всего поставляет данная организация – это щебень и песок.

Щебень – это неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый дроблением горных пород, гравия и валунов, попутно добываемых вскрышных и вмещающих пород или некондиционных отходов горных предприятий по переработке руд (черных, цветных и редких металлов металлургической промышленности) и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности и последующим рассевом продуктов дробления [5].

Песок – природный неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных горных пород и получаемый при разработке валунно-гравийно-песчаных, гравийно-песчаных и песчаных месторождений [6].

1.4.2 Описание потребителей

Потребителями предприятия ООО «Автоспецстрой» являются компании, занимающиеся строительным бизнесом. Строительную площадку невозможно представить без использования инертных материалов.

Инертными материалами называются каменные материалы природного происхождения, к ним относят, прежде всего, песок, гранитный щебень и гравий, то есть нерудные ископаемые, которые используются при строительстве дорог и планировке территорий. Также они служат сырьем для изготовления бетона, строительных растворов и сухих смесей [7].

Рассмотрим основных потребителей, которые представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Клиенты ООО «Автоспецстрой»

| Название организации | Город нахождения | Наименование груза | Объем перевозок, т |
|--|--|--------------------|--------------------|
| ООО «Инвест плюс» | Красноярск, ул. Пограничников в районе ТЭЦ-3 | Песок | 600 |
| ООО «АРС-ГРУПП» | Красноярск, ул. Гросовцев | Щебень | 900 |
| | | Песок | 400 |
| ООО Специализированный застройщик «М-3 ГРУПП» | Красноярск, ул. Ключевская | Щебень | 500 |
| | | Песок | 350 |
| ООО «Эко-пром» | Красноярск, ул. 60 лет образования СССР | Песок | 750 |
| | | Щебень | 500 |
| ООО «Модуль» | Красноярск, ул. Гайдашовка | Щебень | 300 |
| ООО «Добродом-регион» | Березовка, ул. Пархоменко | Песок | 1000 |
| ООО Специализированный застройщик «Строй центр» | Сосновоборск, пр. Мира | Песок | 950 |
| ООО «Монтаж-Строй» | Красноярск, ул. Говорова | Песок | 400 |
| ООО Специализированный застройщик «Проект живем» | Емельяновский район, п. Солонцы, «Новалэнд» | Песок | 1000 |
| | | Щебень | 650 |
| ООО «КрасИнженерПроект» | Красноярск, ул. Матросова | Щебень | 350 |

Из таблицы 1.6 видно, что большая часть потребителей находится в черте города Красноярск. Также есть клиенты из города Сосновоборск и Березовка.

Месторасположение клиентов на карте представлено на рисунке 1.8.

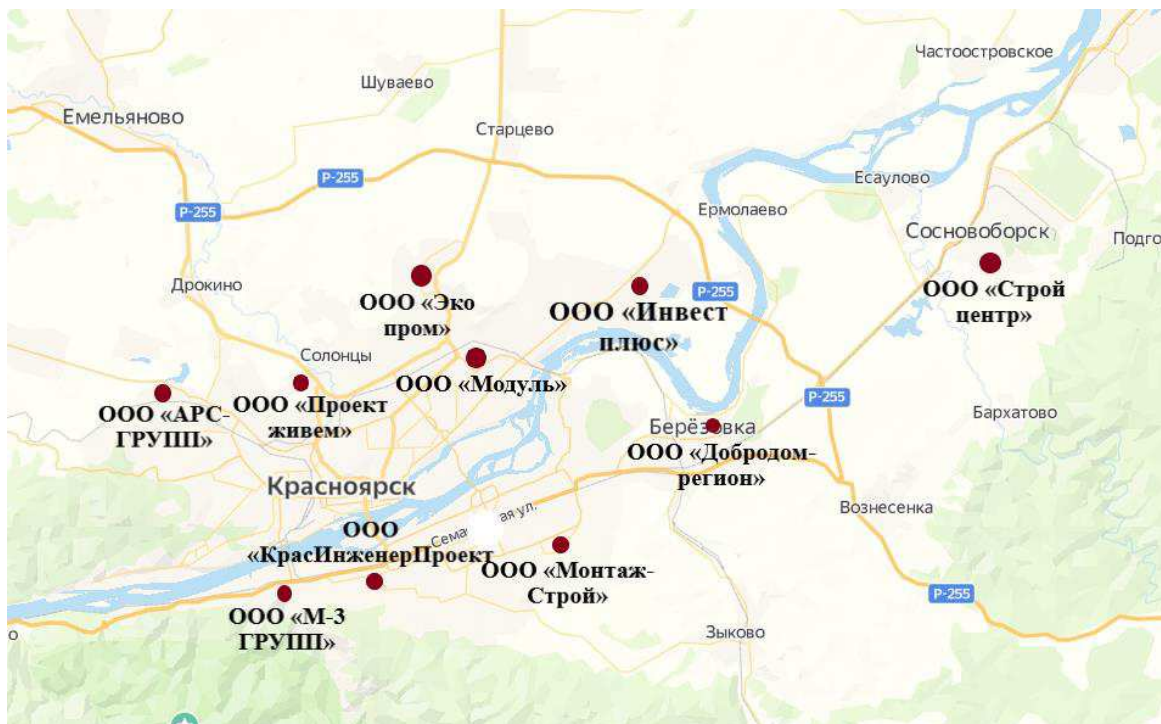


Рисунок 1.8 – Месторасположение клиентов на карте

1.4.3 Анализ грузопотоков

Работа транспортного предприятия складывается на использовании таких понятий, как грузооборот и грузопоток.

Грузооборот – это объем грузов, который перемещается на предприятии за определенный период времени.

Грузопоток – это количество грузов, перемещаемых в заданном направлении между пунктами погрузки и выгрузки в определенный период времени.

Чтобы организовать и спланировать работу на транспортном предприятии необходимо изучить грузопотоки. Изучить грузопотоки можно с помощью

составления таблиц, эюр и схем. Эпюры характеризуют общее перемещение грузов на предприятии, напряженность грузопотоков, их направление.

Грузопотоки по направлениям представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Грузопотоки по направлениям

| Пункт назначения | Наименование груза | Пункт отправления (карьер) | Объем перевозок, т | Расстояние, км |
|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------|
| ООО «Инвест плюс» | Песок | Песчанка | 600 | 10 |
| ООО «АРС-ГРУПП» | Щебень | Карьер ХМЗ | 900 | 24 |
| | Песок | Придорожный | 400 | 33 |
| ООО СЗ «М-3 ГРУПП» | Щебень | Карьер ХМЗ | 500 | 12 |
| | Песок | Песчанка | 350 | 29 |
| ООО «Эко-пром» | Песок | Придорожный | 750 | 15 |
| | Щебень | Песчанка | 500 | 19 |
| ООО «Модуль» | Щебень | Песчанка | 300 | 14 |
| ООО «Добродом-регион» | Песок | Березовка | 1000 | 5 |
| ООО СЗ «Строй центр» | Песок | Тереньгово | 950 | 6 |
| ООО «Монтаж-Строй» | Песок | Тереньгово | 400 | 25 |
| ООО СЗ «Проект живем» | Песок | Березовка | 1000 | 31 |
| | Щебень | Карьер ХМЗ | 650 | 19 |
| ООО «КрасИнженерПроект» | Щебень | Березовка | 350 | 23 |

Из таблицы 1.7 видно, что в представленных грузопотоках задействованы такие карьеры, как Песчанка, карьер химико-металлургического завода, Придорожный, Березовка, Тереньгово.

Перевозка грузов осуществляется посредством маятниковых маршрутов. То есть подвижной состав возвращается порожняком, соответственно коэффициент использования пробега равняется 0,5.

На рисунке 1.9 представлен объем перевозок грузов потребителям, а на рисунке 1.10 – объем перевозок по структуре груза.



Рисунок 1.9 – Объем перевозок грузов за год

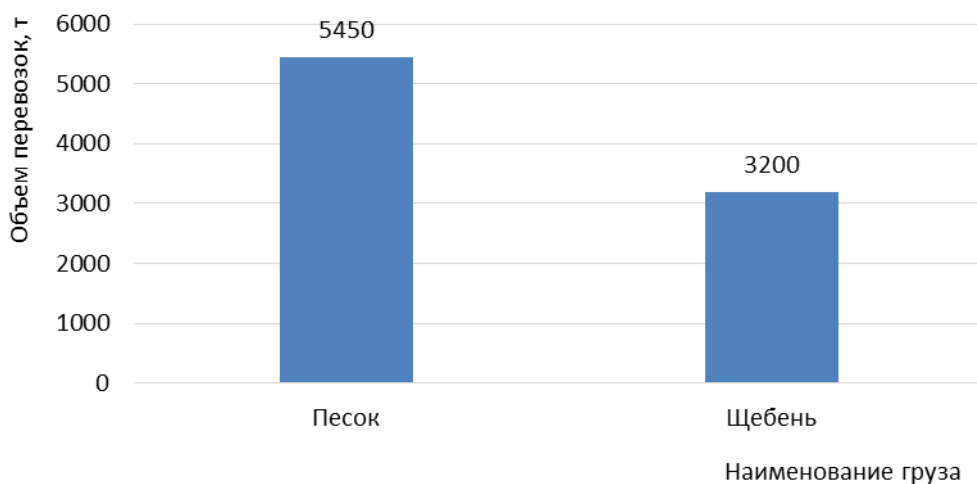


Рисунок 1.10 – Объем перевозок по структуре груза

Из рисунка 1.9 и 1.10, можно сделать вывод о том, что наибольший объем перевозок приходится на поставку песка, наименьший, соответственно на поставку щебня. Больше всего груза требуется таким потребителям, как ООО СЗ

«Проект живем» – 1650 т, из них 1000 т песка и 650 т щебня, ООО «АРС-ГРУПП» – 1300 т, из них 900 т щебня и 400 т песка, ООО «Эко-пром» – 1250 т, из которых 750 т песка и 500 т щебня.

Чтобы рассмотреть грузопотоки более подробно, построим эпюры от карьеров к потребителям, а также нанесем все эпюры на карту для большей наглядности.

Рассмотрим эпюру грузопотоков от карьера Песчанка (рисунок 1.11).

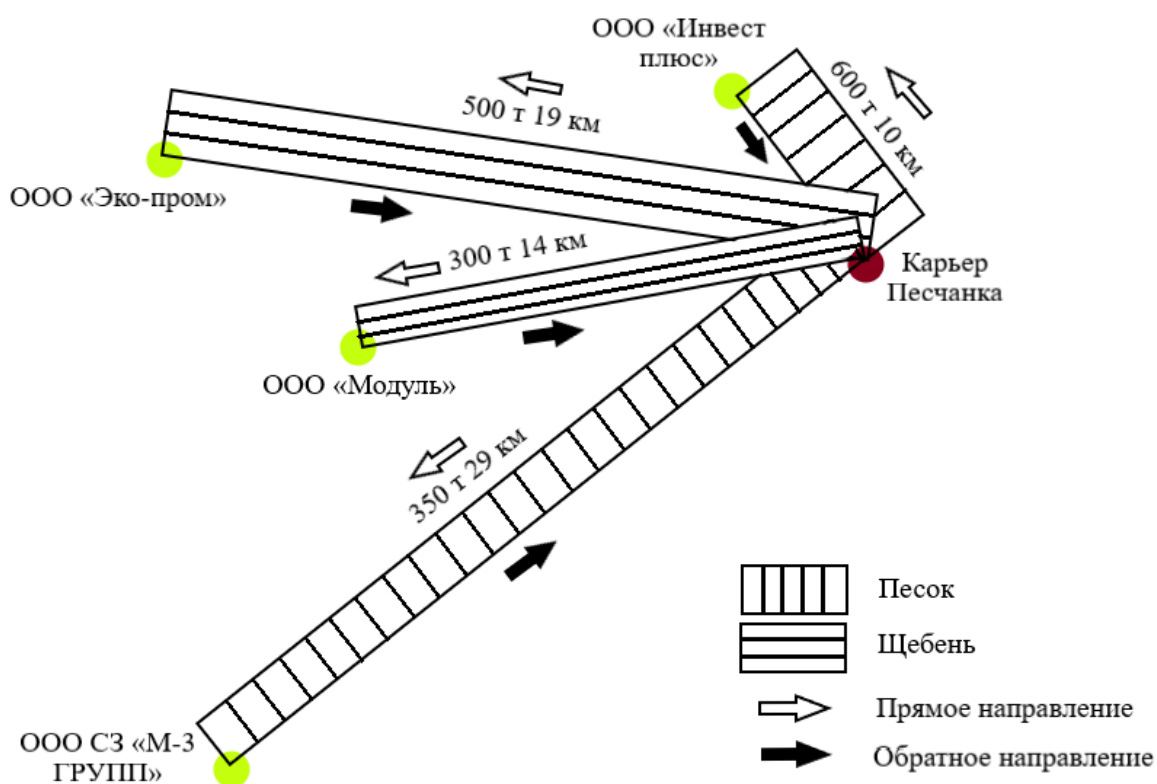


Рисунок 1.11 – Эпюра грузопотоков от карьера Песчанка

Исходя из рисунка 1.11, можно сделать следующий вывод: грузопоток в прямом направлении составляет 1750 т, из них 950 т приходится на поставку песка и 800 т на поставку щебня, в обратном направлении подвижной состав едет порожняком (без груза).

Рассмотрим эпюру грузопотоков от карьера Химико-металлургического завода (рисунок 1.12).

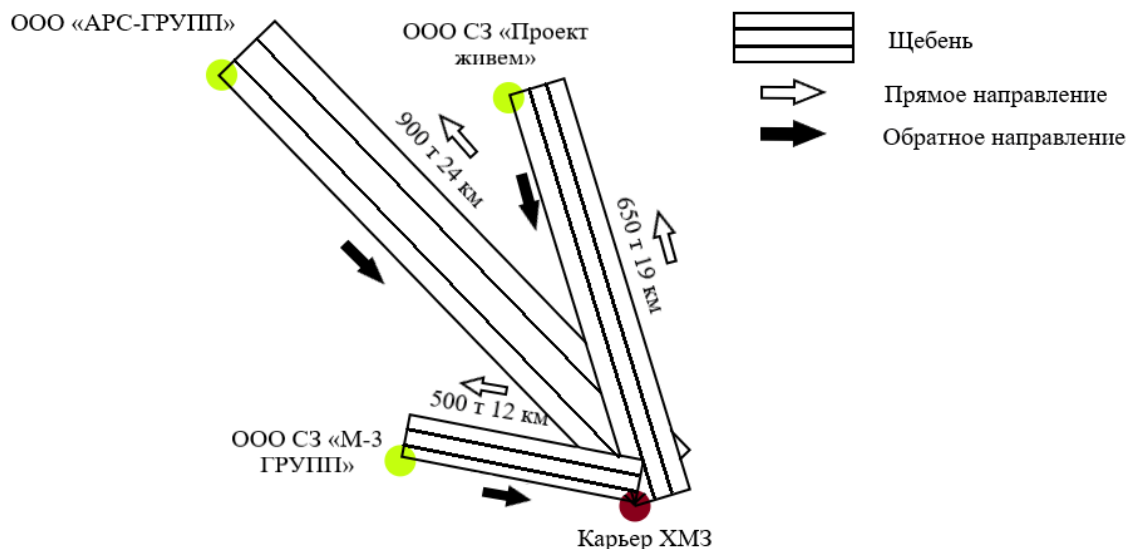


Рисунок 1.12 – Эпюра грузопотоков от карьера ХМЗ

Исходя из рисунка 1.12, можно сделать следующий вывод о том, что грузопоток в прямом направлении составляет 2050 т, в обратном направлении подвижной состав возвращается порожняком (без груза). В данных направлениях осуществляется поставка щебня таким потребителям, как ООО «АРС-ГРУПП» – 900 т, ООО СЗ «М-3 ГРУПП» – 500 т, ООО СЗ «Проект живем» – 650 т.

Рассмотрим эпюру грузопотоков от карьера Придорожный (рисунок 1.13).

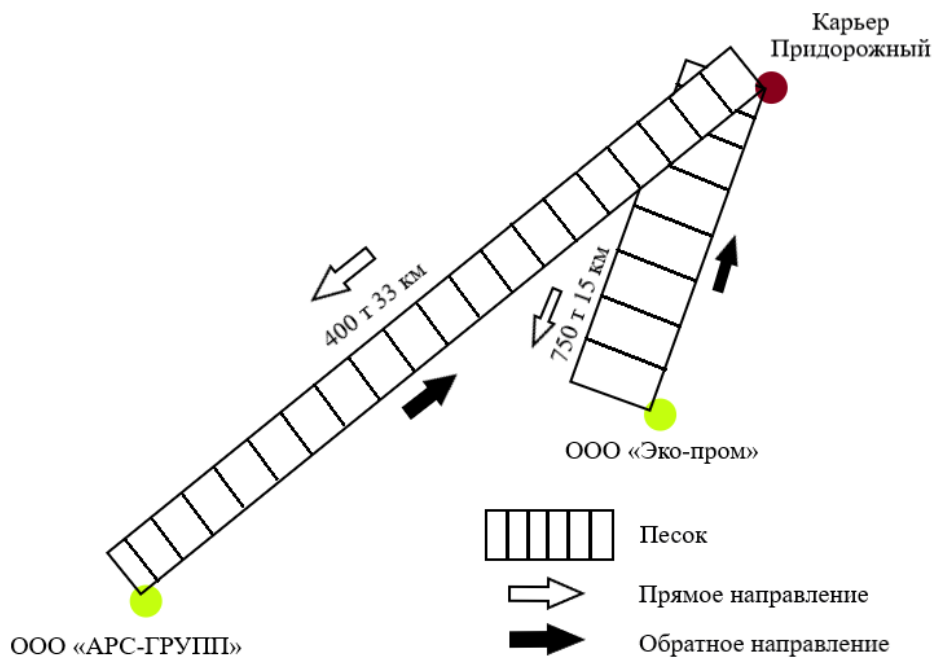


Рисунок 1.13 – Эпюра грузопотоков от карьера Придорожный

Из рисунка 1.13 можно сделать вывод о том, что грузопоток в прямом направлении составляет 1150 т, в обратном направлении подвижной состав возвращается порожняком (без груза). Из карьера Придорожный осуществляется поставка песка. Объем перевозок составляет: потребителю ООО «Эко-пром» 750 т, потребителю ООО «АРС-ГРУПП» 400 т.

Рассмотрим эпюру грузопотоков от карьера Березовка (рисунок 1.14).

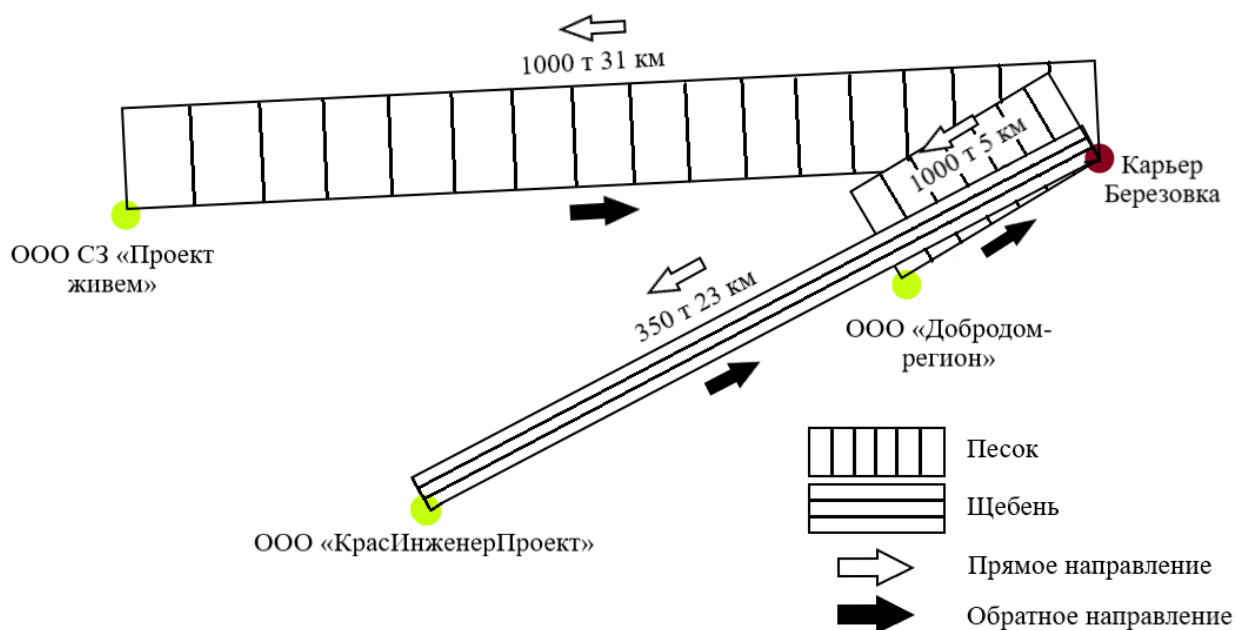


Рисунок 1.14 – Эпюра грузопотоков от карьера Березовка

Исходя из рисунка 1.14, можно сделать следующий вывод о том, что грузопоток в прямом направлении составляет 2350 т, из них 2000 т приходится на поставку песка, а 350 т на поставку щебня. Грузопоток в обратном направлении осуществляется порожняком (без груза).

Рассмотрим эпюру грузопотока от карьера Терентьево (рисунок 1.15).

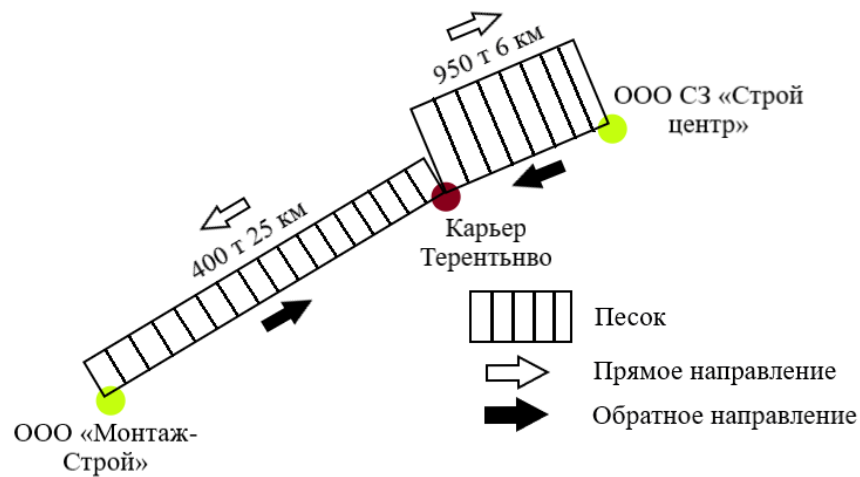


Рисунок 1.15 – Эпюра грузопотока от карьера Терентьево

Из рисунка 1.15 видно, что грузопоток в прямом направлении составляет 1350 т, в обратном направлении подвижной состав следует порожняком (без груза). Из карьера Терентьево осуществляется поставка песка.

Для наглядности рассмотрим эпюры основных грузопотоков на карте (рисунок 1.16).

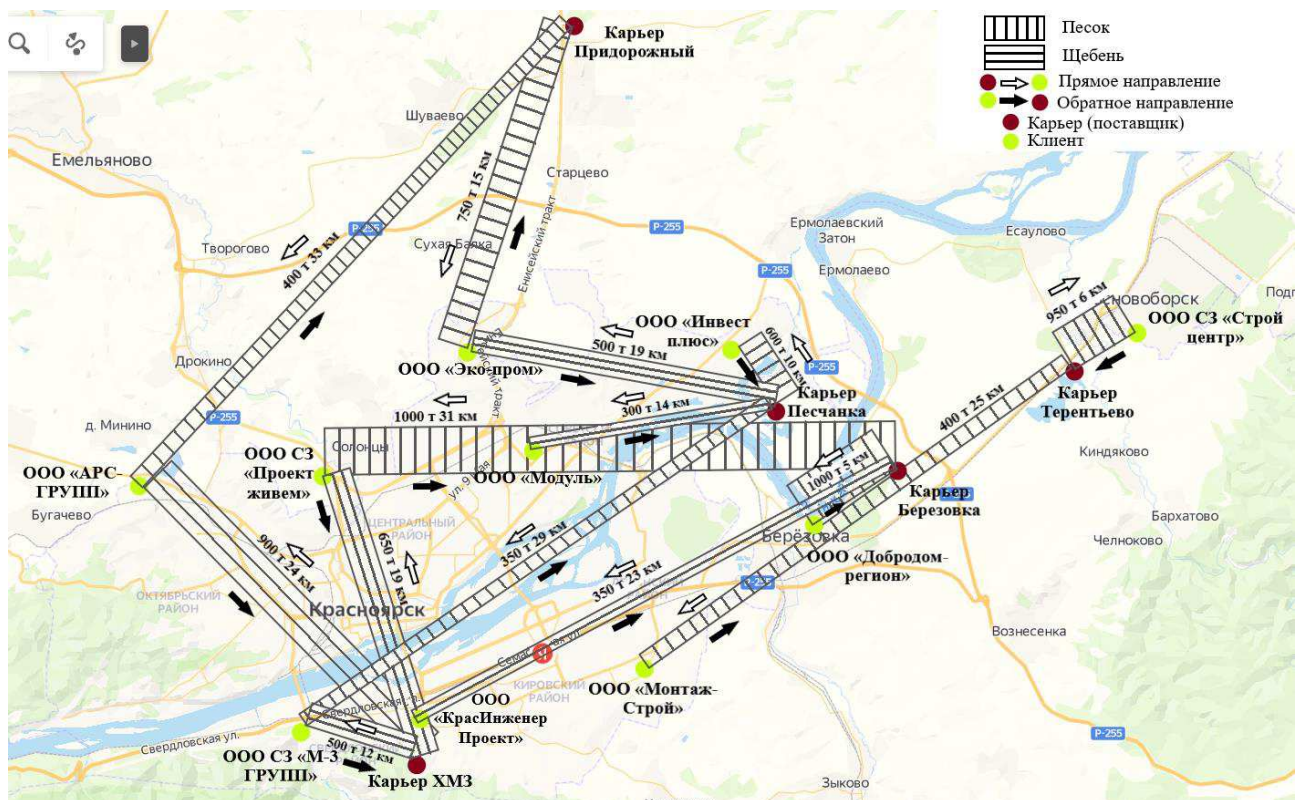


Рисунок 1.16 – Эпюры основных грузовых потоков на карте

Объем перевозок, не считая величины, характеризуется неравномерностью. Неравномерность перевозки – это изменение объема перевозок в тоннах во времени (по кварталам, месяцам, неделям, суткам и часам суток). Неравномерность перевозок оценивается коэффициентом неравномерности.

Неравномерность грузопотоков по кварталам представлена на рисунке 1.17.

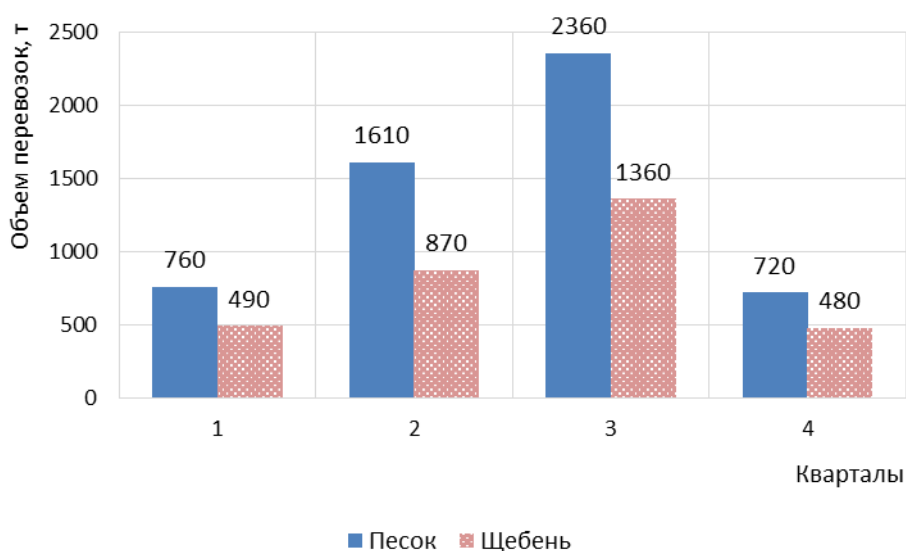


Рисунок 1.17 – Неравномерность грузопотоков по кварталам

Исходя из рисунка 1.17, можно сделать вывод о том, что наибольший объем перевозок приходится на 3 квартал года, это объясняется максимальной потребностью в инертных материалах, применяемых в строительстве объектов производственного назначения или жилых комплексов в летний период. Наименьший объем перевозок приходится на 1 и 4 кварталы, это связано с интенсивностью строительства объектов, которая снижается в зимний период.

1.5 Вывод по технико-экономическому обоснованию

В результате проведенного анализа предприятия ООО «Автоспецстрой» сделаны следующие выводы:

Подвижной состав предприятия представлен автомобилями-самосвалами иностранного производства, большая его часть эксплуатируется менее 8 лет, коэффициент технической готовности составляет порядка 0,8, из этого следует, что подвижной состав находится в пределах амортизационного периода и в глобальной замене не нуждается.

Перевозка грузов осуществляется посредством маятниковых маршрутов. То есть подвижной состав возвращается порожняком, соответственно коэффициент использования пробега равняется 0,5.

Наибольший объем перевозок приходится на летний период, наименьшей – на зимний период.

Предприятие имеет большое число потребителей, которые расположены в черте города Красноярска, а также есть потребители из Березовки и Сосновоборска. Для поставки инертных материалов предприятие сотрудничает с карьерами. В перевозке задействованы такие карьеры, как Песчанка, карьер химико-металлургического завода, Придорожный, Березовка, Тереньтьево.

С целью совершенствования системы и повышения эффективности перевозок грузов на примере ООО «Автоспецстрой» в выпускной квалификационной работе предлагается решить следующие задачи:

- 1) провести обзор и анализ методов маршрутизации перевозок грузов;
- 2) описать выбранный метод маршрутизации;
- 3) рассчитать оптимальные маршруты;
- 4) рассчитать программу перевозок;
- 5) провести обзор и анализ систем расчетов маршрутов.

2 Технологическая часть

2.1 Обзор и анализ методов маршрутизации

Маршрутизация перевозок – это составление маршрутов движения подвижного состава или его порядок следования между пунктами производства и потребления. Маршрутизацию перевозок выполняют для однородных грузов, требующих для перевозки однотипный подвижной состав.

Методы маршрутизации перевозок делятся на маршрутизацию перевозок помашинных отправок и маршрутизацию перевозок мелких партий грузов.

В зависимости от использования математического аппарата они делятся на методы, основанные на моделях математического программирования, и на методы, основанные на алгоритмах задач теории расписаний.

В методах, которые построены на использовании аппарата теории расписаний, этапы транспортного процесса (погрузка, транспортирование, разгрузка, подача подвижного состава) представляются в виде «работ». Подвижной состав и посты ПРР выступают как «приборы», предназначенные для выполнения «работ». В результате решения задачи определяется расписание выполнения «работ» (распределение ресурсов между работами и очередность выполнения работ). Недостаток: отсутствуют алгоритмы точного решения задач теории расписаний из-за большой размерности.

В настоящее время известны следующие приближенные методы решения задач теории расписаний:

- 1) методы случайного поиска;
- 2) методы ситуационного управления;
- 3) эвристические методы вставок.

Методы случайного поиска построены на использовании процедуры Монте-Карло. Из полученного множества решений выбирается наилучшее, согласно заданному критерию оптимальности. Полученные этим методом

решения обычно находятся на уровне решений, принимаемых опытным диспетчером. По этой причине они не нашли широкого применения.

Модели методов теории ситуационного управления определенным образом формализуют реальные системы, которые работают в диалоговом режиме с ЭВМ и могут «обучаться» на опыте экспертов (диспетчеров). Так как модель перенимает опыт человека, то после «обучения» решает задачи на уровне принимавших участие экспертов. Требуется большое время на «обучение» ЭВМ; равно как и имеет место сложность алгоритмической и программной реализации [8].

Наилучшее решение для конкретных исходных данных может быть найдено путем последовательного применения различных эвристических методов, используя для сравнительной оценки качества приближения длину полученного маршрута. Рассмотрим 4 наиболее популярных эвристических алгоритма:

- 1) метод ближайшего соседа (Nearest Neighbor);
- 2) метод ближайшего города (Nearest Town);
- 3) метод самого дешевого включения (Most Cheap Inclusion);
- 4) метод минимального остовного дерева (Minimum Spanning Tree).

В методе ближайшего соседа, пункты плана последовательно включаются в маршрут, причем, каждый очередной включаемый пункт должен быть ближайшим к последнему выбранному пункту среди всех остальных, еще не включенных в состав маршрута.

Метод ближайшего города на каждом шаге алгоритма строит допустимый маршрут по текущему подмножеству пунктов уже включенных в маршрут, добавляя к нему новый пункт из числа еще не включенных в маршрут, для которого найдется ближайший сосед из числа пунктов уже принадлежащих маршруту.

Метод самого дешевого включения на каждом шаге алгоритма проводит допустимый маршрут по текущему подмножеству пунктов, уже включенных в маршрут, добавляя к нему новый пункт, включение которого между некоторыми

смежными пунктами приводит к минимальному увеличению стоимости (длины) маршрута [9]. Однако любой эвристический метод базируется на формально не обоснованных соображениях, поэтому невозможно доказать, что эвристический алгоритм для любых исходных данных находит решения близкие к оптимальному.

Метод Кларка-Райта был разработан учеными из Британии, Г. Кларком и Дж. В. Райтом. Метод Кларка-Райт является одним из наиболее часто применяемых эвристических методов, используемых для поиска решений транспортной задачи. Данный метод относится к числу итерационных, приближенных методов. Чаще всего этот метод используют для решения транспортной задачи при помощи компьютеров. Для того, чтобы оценить операцию слияния двух маршрутов, введен термин выигрыш. Мера, на которую уменьшается стоимость при комбинировании двух маршрутов в один маршрут, называется выигрыш. Масштабируемость, гибкость и простота являются достоинствами метода Кларка Райта, также погрешность решения не превосходит 5-10%. Ввиду того, что алгоритм имеет жадный характер, полученные решения уступают решениям, полученным более сложным алгоритмом. В задачах со многими ограничениями после нескольких первых итераций вероятность слияний маршрутов может сильно уменьшиться, вследствие чего теряется возможность контроля количества маршрутов [9]. Данный метод не применим для решения нашей задачи, так как нам необходимо организовать помашинную отправку груза, а этот метод применим для мелкопартионной перевозки грузов.

Классическая транспортная задача [10].

Транспортная задача (классическая) – задача об оптимальном плане перевозок однородного продукта из однородных пунктов наличия в однородные пункты потребления на однородных транспортных средствах (предопределённом количестве) со статичными данными и линейном подходе (это основные условия задачи).

Для классической транспортной задачи выделяют два типа задач: критерий стоимости (достижение минимума затрат на перевозку) или расстояний и критерий времени (затрачивается минимум времени на перевозку). Под названием транспортная задача, определяется широкий круг задач с единой математической моделью, эти задачи относятся к задачам линейного программирования и могут быть решены оптимальным методом.

Первым этапом решения транспортной задачи является определение ее типа (открытая или закрытая, или иначе сбалансированная или не сбалансированная). Приближенные методы (методы нахождения опорного плана) позволяют на втором этапе решения за небольшое число шагов получить допустимое, но не всегда оптимальное, решение задачи. К данной группе методов относятся методы:

- 1) вычеркивания (метод двойного предпочтения);
- 2) северо-западного угла;
- 3) минимального элемента;
- 4) аппроксимации Фогеля.

Метод вычеркивания (метод двойного предпочтения). Если в строке или столбце таблицы одна занятая клетка, то она не может входить в какой-либо цикл, так как цикл имеет две и только две клетки в каждом столбце. Следовательно, можно вычеркнуть все строки таблицы, содержащие по одной занятой клетке, затем вычеркнуть все столбцы, содержащие по одной занятой клетке, далее вернуться к строкам и продолжить вычеркивание строк и столбцов. Если в результате вычеркивания все строки и столбцы будут вычеркнуты, значит, из занятых клеток таблицы нельзя выделить часть, образующую цикл, и система соответствующих векторов условий является линейно независимой, а решение опорным. Если же после вычеркиваний останется часть клеток, то эти клетки образуют цикл, система соответствующих векторов условий линейно зависима, а решение не является опорным.

Метод «северо-западного угла» состоит в последовательном переборе строк и столбцов транспортной таблицы, начиная с левого столбца и верхней

строки, и выписывании максимально возможных отгрузок в соответствующие ячейки таблицы так, чтобы не были превышены заявленные в задаче возможности поставщика или потребности потребителя. На цены доставки в этом методе не обращают внимание, поскольку предполагается дальнейшая оптимизация отгрузок.

Метод «минимального элемента». Суть метода в том, что в транспортной таблице сначала заполняются ячейки с наименьшими тарифами, а потом уже ячейки с большими тарифами. То есть мы выбираем перевозки с минимальной стоимостью доставки груза. Это очевидный и логичный ход.

Метод «аппроксимации Фогеля». Суть метода аппроксимации Фогеля заключается в следующем. Для каждой строки и для каждого столбца находим разности между двумя записанными в них минимальными тарифами. Полученные разности записываем в специально отведенные для этого столбце и в строке в таблице условий задачи. Среди указанных разностей выбираем максимальную. В строке (или в столбце), которой данная разность соответствует, определяем минимальный тариф. Клетку, в которой он записан заполняем на данной итерации. Если минимальный тариф одинаков для нескольких клеток данной строки (столбца), то для заполнения выбираем ту клетку, которая соответствует наибольшей разности между двумя минимальными тарифами в данном столбце (строке). Применение метода аппроксимации Фогеля позволяет получить либо опорный план, близкий к оптимальному, либо сам оптимальный план.

Вывод: Для построения рациональных маршрутов наиболее приемлемым является метод, основанный на классической транспортной задаче с нахождением опорного плана приближенным методом северо-западного угла. После чего последовательно улучшим найденный опорный план для получения оптимального плана возврата порожнего автомобиля.

2.2 Описание выбранного метода маршрутизации

Для получения оптимального плана возврата порожнего автомобиля и построения рациональных маршрутов был выбран метод, основанный на классической транспортной задаче. Для нахождения опорного плана будет применяться приближенный метод северо-западного угла, а для дальнейшего улучшения этого плана – метод потенциалов.

Транспортная задача – математическая задача линейного программирования специального вида. Её можно рассматривать как задачу об оптимальном плане перевозок грузов из пунктов отправления в пункты потребления, с минимальными затратами на перевозки.

Процесс решения задачи данным методом состоит из двух этапов. На первом этапе определяют оптимальный план порожних ездов транспорта. При известных ездах с грузом (которые определены заданием на перевозку) и рассчитанных с применением метода «транспортная задача» ездах без груза посредством совмещенной матрицы формируются маршруты перевозок грузов [11].

Математическая модель классической транспортной задачи в общем виде записывается в следующей форме:

Минимизировать

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (2.1)$$

При ограничениях

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq S_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq D_j \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (2.3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ для всех } i \text{ и } j, \quad (2.4)$$

где m – число поставщиков;

n – число потребителей;

x_{ij} – объем перевозок между i и j пунктами;

S_i – ограничения по предложению;

D_j – ограничения по спросу;

c_{ij} – расстояние от пункта i до пункта j .

Условия задачи можно представить следующим образом. Каждый поставщик должен дать потребителям столько продукции, сколько у него есть, т. е.

$$S_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad (2.5)$$

Каждый потребитель должен получить столько, сколько ему требуется, т.е.

$$D_j = \sum_{i=1}^m x_{ij}, \quad (2.6)$$

Необходимо найти такой вариант плана перевозок, чтобы транспортная работа была минимальна, т.е.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} = \min, \quad (2.7)$$

Если сумма груза у поставщиков равно общей сумме потребностей в пунктах назначения:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j, \quad (2.8)$$

где a_i – сумма груза у поставщиков;

b_j – сумма груза у потребителей.

То модель транспортной задачи называется закрытой (или сбалансированной). Если (2.8) не удовлетворяется, то модель транспортной задачи называется открытой (или несбалансированной).

Запись и решение транспортной задачи методом потенциалов выполняется в таблично матричной форме. Совокупность всех элементов матрицы x_{ij} называется планом перевозок или распределением поставок. Элементы матрицы называются показателями критерия оптимальности.

На первом этапе решения транспортной задачи необходимо составить опорный план возврата порожних автомобилей.

Опорный план транспортной задачи в общем виде следующим образом. На каждом шаге в таблице условий задачи заполняем одну клетку, которая называется загруженной. Обозначим через C_{ij} клетку, где i – номер пункта отправления (строка), j – номер пункта назначения (столбец). Клетку C_{ij} заполняем так, чтобы удовлетворялись полностью потребности пункта назначения j , либо обеспечивался полный вывоз груза из пункта отправления i .

При нахождении опорного плана транспортной задачи методом северо-западного угла, заполнение клеток таблицы условий начинают с верхней левой клетки поэтому метод и называется «метод северо-западного угла».

Для дальнейшего улучшения опорного плана применим метод потенциалов. По формуле (2.9) необходимо определить вспомогательную величину – потенциал.

$$U_i + V_j = C_{ij}, \quad (2.9)$$

где U – потенциал по строке;

V – потенциал по столбцу;

Принимаем потенциал первой строки равным 0, т.е. $U_1 = 0$. По загруженным клеткам пользуясь формулой (2.9) определяют потенциалы строк и столбцов.

Условия оптимальности опорного плана для всех клеток таблицы, не имеющих загрузку определяется по формуле:

$$\sum C_{ij} = U_i + V_j \leq C_{ij}, \quad (2.10)$$

Для всех клеток таблицы, в которых условие оптимальности не выполняется вычисляют разницу по формуле:

$$\Delta C_{ij} = \sum C_{ij} - C_{ij}, \quad (2.11)$$

Среди ΔC_{ij} находим максимальное значение. Клетку C_{ij} , в которой находится это значение называем потенциальной и помечаем ее знаком «+». Начинаем с этой клетки построение контура пересчета опорного плана, вершины которого находятся только в загруженных клетках. По контуру, начиная с потенциальной вершины, идем по вершинам и помечаем их, чередуя знаки «+» и «-».

Среди вершин с «-» находим самую маленькую загрузку C_{ij} . К загрузкам, помеченным знаком «+» это значение прибавляем, а от загрузок помеченным знаком «-» отнимаем. В результате расчетов минимальная загрузка исключается

из таблицы, потенциальная клетка становится загруженной, нулевые разности считаются действующими грузками.

Далее алгоритм повторяется пока не выполнится условие $U_i + V_j \leq C_{ij}$.

После нахождения конечного опорного плана переходят к построению маршрутов. Для построения воспользуемся методом совмещенной матрицы.

Совмещенная матрица – таблица, в которой записаны порожние и груженные ездки. Груженные ездки – в верхней части клетки (черные), порожние – в нижней части клетки (красные). У совмещенной матрицы сумма по каждому столбцу и строке груженных и порожних ездов должна быть одинакова.

Сначала сформируются маятниковые маршруты. Маятниковые маршруты формируются на основе клеток совмещенной матрицы, в которых присутствуют как груженные, так и порожние ездки. Ездки, включенные в маятниковые маршруты из совмещенной матрицы, удаляются.

Чтобы сформировать кольцевой маршрут необходимо в совмещенной матрице построить контур, который удовлетворяет следующему условию – при обходе контура по часовой или против часовой стрелки должны чередоваться углы контура, находящиеся в клетках с порожними и груженными езсками. Кольцевой маршрут формируется с любой груженой ездки.

Теперь необходимо посчитать значения целевой функции для того, чтобы увидеть улучшение плана. Значение первоначального и конечного опорного плана целевой функции рассчитывается по формуле:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}, \quad (2.12)$$

Чтобы перейти непосредственно к решению транспортной задачи, необходимо смоделировать транспортную сеть г. Красноярска и осуществить расчет кратчайших расстояний.

2.2.1 Моделирование транспортной сети

Повышение эффективности автомобильных перевозок грузов связано с применением методов классической и современной математики для решения прикладных задач. По своему характеру решаемые на транспорте задачи можно подразделить на три группы: разработка технологических процессов перевозки грузов; оперативное управление перевозочным процессом; статистика.

Разработка технологических процессов перевозки грузов связана с расчетом кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети, составлением рациональных маршрутов при массовых и мелкопартионных перевозках, рациональной эксплуатацией различных моделей подвижного состава, закреплением автотранспортных предприятий за грузоотправителями и другими вопросами.

Одной из важнейших на автомобильном транспорте является задача нахождения кратчайших расстояний между грузообразующими и грузопоглощающими пунктами. Существует три метода определения кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети: замер на местности по спидометру автомобиля, нахождение с помощью карты (или схемы) города или района и расчет кратчайших расстояний на ЭВМ. Первые два метода требуют значительных затрат времени, что затрудняет процесс диспетчерского управления перевозками.

При расчете кратчайших расстояний на ЭВМ на первом этапе следует создать в памяти машины модель транспортной сети. Ее разработка – процесс трудоемкий. Это является основным недостатком данного метода. Однако, разработав модель один раз, можно по мере необходимости в любой момент очень быстро определить кратчайшие расстояния между интересующими пунктами транспортной сети.

Модель транспортной сети представляет собой геометрическую фигуру (граф), состоящую из вершин (точек) и отрезков (ребер), соединяющих эти вершины (точки графа). Для ее построения берем схему дорожной сети. На

первом этапе из дорожной сети исключаем улицы, переулки и т. п., не имеющие существенного значения для транзитного движения (служащие для подъезда к домам, заводам и т. д.), и получаем схему транспортной сети. Далее, обозначив перекрестки вершинами и соединив их ребрами соответствующей длины, приходим к модели транспортной сети.

Каждой вершине транспортной сети присваивают порядковый номер. Отрезки (ребра), соединяющие соседние вершины, называют звеньями транспортной сети. Совокупность всех вершин и звеньев – модель (граф) транспортной сети. Проезды с односторонним движением отражают (моделируют) посредством ориентированного звена графа (ребро со стрелкой).

При расчете кратчайших расстояний следует учесть организацию дорожного движения, которая отражается посредством дорожных знаков, установленных на сети [11].

Для ввода модели транспортной сети в память ЭВМ данные следует представить в соответствии с таблицей Б1 приложения Б.

Карта участка г. Красноярска, схема транспортной сети участка г. Красноярска на карте и модель транспортной сети представлена на рисунках В1 – В3 в приложении В.

2.2.2 Расчет кратчайших расстояний

Расчет кратчайших расстояний будем выполнять на ПК в программе RKR Version 3.0. Для расчета кратчайших расстояний понадобится модель транспортной сети, данные которой возьмем из таблицы Б1 приложения Б. Общий вид программы представлен на рисунке 2.1. Далее вносим данные модели транспортной сети в программу (рис. 2.2). После этого программа рассчитает кратчайшие расстояния между вершинами модели транспортной сети и выведет на экран окно с результатами в текстовом поле (рис. 2.3).

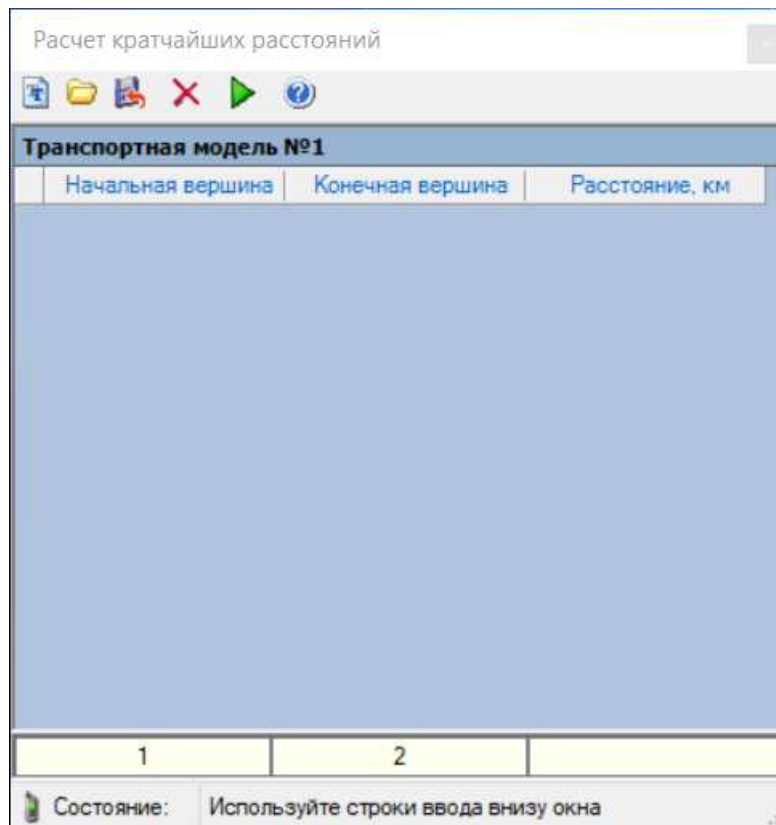


Рисунок 2.1 – Общий вид программы RKR Version 3.0

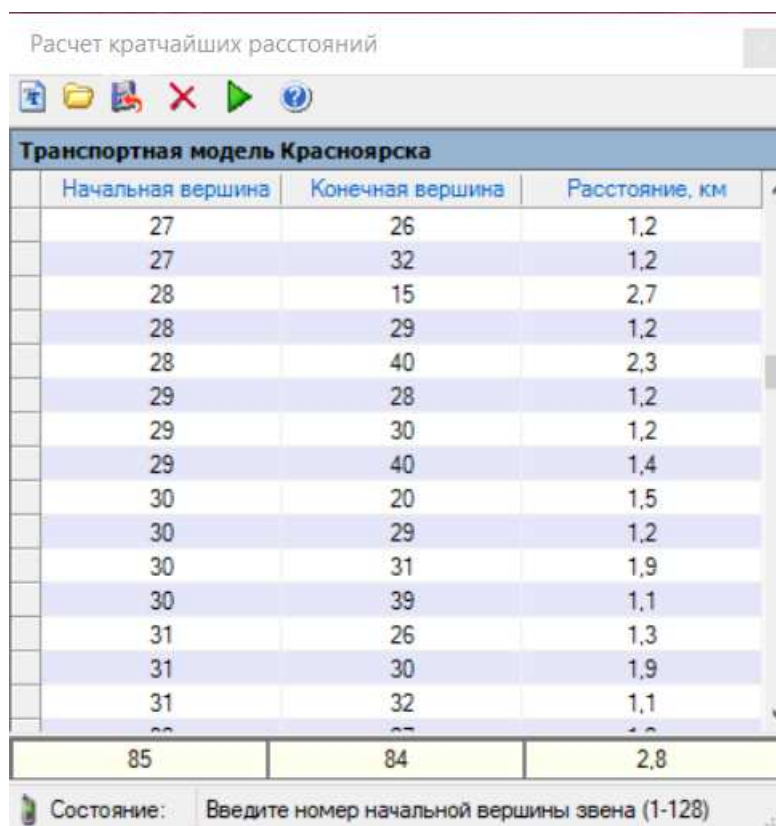


Рисунок 2.2 – Транспортная модель в программе RKR Version 3.0

| Node ID | Distance | Path | |
|---------|----------|-------|---|
| 8 | 38 | 15,4 | 8-9-11-21-26-27-32-33-38 |
| 8 | 39 | 14,7 | 8-9-11-21-26-31-30-39 |
| 8 | 40 | 16,2 | 8-9-11-21-26-31-30-29-40 |
| 8 | 41 | 17,1 | 8-9-11-21-26-27-32-33-38-41 |
| 8 | 42 | 17,3 | 8-9-11-21-26-27-32-33-38-42 |
| 8 | 43 | 18,9 | 8-9-11-21-26-31-30-29-40-44-43 |
| 8 | 44 | 17,8 | 8-9-11-21-26-31-30-29-40-44 |
| 8 | 45 | 19,72 | 8-9-11-21-26-31-30-29-40-44-43-45 |
| 8 | 46 | 18,6 | 8-9-11-21-26-27-32-33-38-42-46 |
| 8 | 47 | 20,45 | 8-9-11-21-26-31-30-29-40-44-43-45-47 |
| 8 | 48 | 21,95 | 8-9-11-21-26-31-30-29-40-44-43-45-47-48 |
| 8 | 49 | 28,15 | 8-9-11-21-26-31-30-29-40-44-43-45-47-48-18-49 |
| 8 | 50 | 22,45 | 8-9-11-21-26-31-30-29-40-44-43-45-47-50 |
| 8 | 51 | 26,20 | 8-9-11-21-26-31-30-29-40-44-43-45-47-50-74-51 |
| 8 | 52 | 19,0 | 8-9-11-21-26-27-32-33-38-52 |
| 8 | 53 | 21,6 | 8-9-11-21-26-27-24-34-53 |
| 8 | 54 | 24,1 | 8-9-11-21-26-27-24-34-54 |
| 8 | 55 | 16,9 | 8-37-55 |
| 8 | 56 | 29,4 | 8-37-55-60-56 |
| 8 | 57 | 34,0 | 8-37-55-60-56-57 |
| 8 | 58 | 38,5 | 8-37-55-60-56-57-58 |
| 8 | 59 | 35,4 | 8-37-55-60-56-57-59 |
| 8 | 60 | 21,3 | 8-37-55-60 |
| 8 | 61 | 26,3 | 8-37-55-60-61 |
| 8 | 62 | 21,1 | 8-37-55-62 |

Рисунок 2.3 – Результаты расчета в программе RKR Version 3.0

На основании результатов полученных в программе RKR Version 3.0 составим матрицу кратчайших расстояний между карьерами и потребителями. В таблице 2.1 представлены обозначения поставщиков (карьеры) и потребителей (клиенты). Матрица кратчайших расстояний представлена в таблице 2.2, где П(1-5) – это поставщики (карьеры), а К(1-10) – это потребители (клиенты), число в скобках – это порядковый номер вершины в модели транспортной сети (рис. В3 приложения В).

Таблица 2.1 – Обозначение поставщиков (карьеры) и потребителей (клиентов)

| Наименование | Обозначение |
|-------------------------|-------------|
| Карьер Придорожный | П1(7) |
| Карьер Песчанка | П2(35) |
| Карьер Терентьево | П3(56) |
| Карьер Березовка | П4(64) |
| Карьер ХМЗ | П5(71) |
| ООО «АРС-ГРУПП» | К1(4) |
| ООО «Эко-пром» | К2(10) |
| ООО СЗ «Проект живем» | К3(13) |
| ООО «Модуль» | К4(27) |
| ООО «Инвест плюс» | К5(36) |
| ООО СЗ «М-3 ГРУПП» | К6(49) |
| ООО СЗ «Строй центр» | К7(59) |
| ООО «Добродом-регион» | К8(63) |
| ООО «КрасИнженерПроект» | К9(73) |
| ООО «Монтаж-Строй» | К10(80) |

Таблица 2.2 – Матрица кратчайших расстояний между карьерами и потребителями

| От | До | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | П1(7) | П2(35) | П3(56) | П4(64) | П5(71) | К1(4) | К2(10) | К3(13) | К4(27) | К5(36) | К6(49) | К7(59) | К8(63) | К9(73) | К10(80) |
| П1(7) | 0 | 31200 | 36800 | 31300 | 37230 | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 |
| П2(35) | 31200 | 0 | 34600 | 27730 | 30360 | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 |
| П3(56) | 36800 | 34600 | 0 | 14400 | 35950 | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 |
| П4(64) | 31300 | 27730 | 14400 | 0 | 27150 | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 |
| П5(71) | 37230 | 30360 | 35950 | 27150 | 0 | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 |
| К1(4) | 33400 | 31030 | 46600 | 37100 | 23230 | 0 | 21500 | 12300 | 17800 | 26930 | 13700 | 52600 | 33000 | 16530 | 25860 |
| К2(10) | 14900 | 19100 | 36700 | 25200 | 24130 | 21500 | 0 | 12700 | 5900 | 15000 | 22450 | 42700 | 23100 | 17930 | 19360 |
| К3(13) | 25800 | 24400 | 40400 | 30500 | 18530 | 12300 | 12700 | 0 | 11200 | 20300 | 14050 | 46400 | 26800 | 11830 | 19660 |
| К4(27) | 19000 | 13230 | 30800 | 19300 | 18230 | 17800 | 5900 | 11200 | 0 | 9130 | 17000 | 36800 | 17200 | 12480 | 13460 |
| К5(36) | 20900 | 10300 | 24300 | 18800 | 26260 | 26930 | 15000 | 20300 | 9130 | 0 | 25030 | 30300 | 18200 | 20510 | 19530 |
| К6(49) | 35550 | 29130 | 36700 | 27900 | 12000 | 13700 | 22450 | 14050 | 17000 | 25030 | 0 | 42700 | 23100 | 5300 | 15230 |
| К7(59) | 42800 | 40600 | 6000 | 20400 | 41950 | 52600 | 42700 | 46400 | 36800 | 30300 | 42700 | 0 | 21600 | 38030 | 31300 |
| К8(63) | 30700 | 25630 | 15600 | 5000 | 22350 | 33000 | 23100 | 26800 | 17200 | 18200 | 23100 | 21600 | 0 | 18430 | 11700 |
| К9(73) | 31030 | 24610 | 32030 | 23230 | 6700 | 16530 | 17930 | 11830 | 12480 | 20510 | 5300 | 38030 | 18430 | 0 | 9930 |
| К10(80) | 32460 | 23630 | 25300 | 16500 | 11950 | 25860 | 19360 | 19660 | 13460 | 19530 | 15230 | 31300 | 11700 | 9930 | 0 |

2.3 Построение оптимальных маршрутов

Составим оптимальный план возврата порожнего автомобиля, определим на сколько уменьшился порожний пробег, учитывая, что ресурсом являются порожние автомобили, производителем ресурса – грузополучатели, потребителем ресурса – грузоотправители. А также построим оптимальные маршруты.

Транспортную задачу решим методом потенциалов. Начальный опорный план сформируем методом северо-западного угла.

Исходные данные представлены в таблице 2.3, где указаны поставщики (карьеры), потребители (клиенты), а также объем поставок. Размещение грузополучателей (К) и грузоотправителей (П) представлено на рисунке 2.4. Грузоподъемность автомобиля примем равной 1.

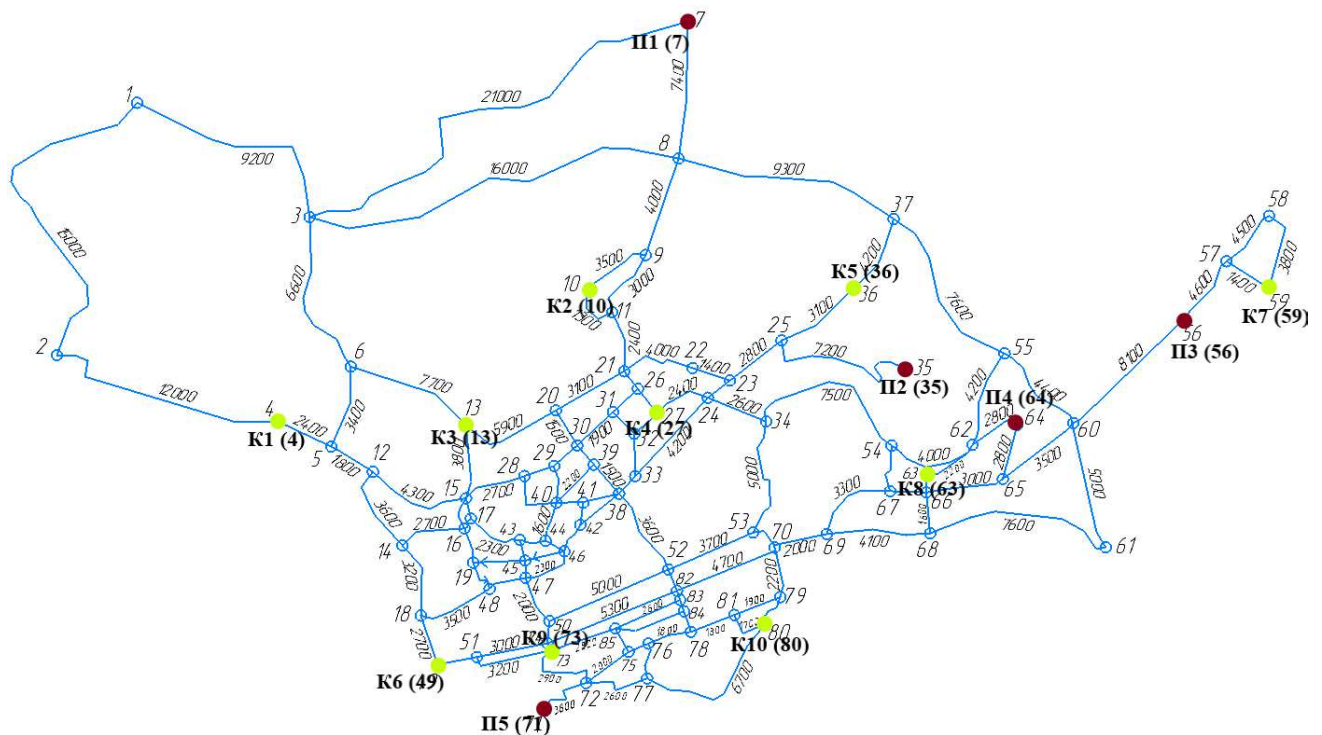


Рисунок 2.4 – Размещение грузополучателей (К) и грузоотправителей (П)

Таблица 2.3 – Исходные данные

| Поставщики (карьеры) | Потребители (клиенты) | Объем поставок |
|----------------------|--------------------------------|----------------|
| Песчанка П2(35) | ООО «Инвест плюс» К5(36) | 600 |
| Карьер ХМЗ П5(71) | ООО «АРС-ГРУПП» К1(4) | 900 |
| Придорожный П1(7) | ООО «АРС-ГРУПП» К1(4) | 400 |
| Карьер ХМЗ П5(71) | ООО СЗ «М-3 ГРУПП» К6(49) | 500 |
| Песчанка П2(35) | ООО СЗ «М-3 ГРУПП» К6(49) | 350 |
| Придорожный П1(7) | ООО «Эко-пром» К2(10) | 750 |
| Песчанка П2(35) | ООО «Эко-пром» К2(10) | 500 |
| Песчанка П2(35) | ООО «Модуль» К4(27) | 300 |
| Березовка П4(64) | ООО «Добродом-регион» К8(63) | 1000 |
| Терентьево ПЗ(56) | ООО СЗ «Строй центр» К7(59) | 950 |
| Терентьево ПЗ(56) | ООО «Монтаж-Строй» К10(80) | 400 |
| Березовка П4(64) | ООО СЗ «Проект живем» К3(13) | 1000 |
| Карьер ХМЗ П5(71) | ООО СЗ «Проект живем» К3(13) | 650 |
| Березовка П4(64) | ООО «КрасИнженерПроект» К9(73) | 350 |

Используя данные таблицы 2.3 и матрицу кратчайших расстояний из таблицы 2.2, составим план поставок, который отражен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – План поставок

| Показатели | | Потребители | | | | | | | | | | |
|------------|--------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | | К1 (4) | К2 (10) | К3 (13) | К4 (27) | К5 (36) | К6 (49) | К7 (59) | К8 (63) | К9 (73) | К10 (80) | Сумма |
| Поставщики | П1(7) | [400] 33400 | [750] 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | 1150 |
| | П2(35) | 31030 | [500] 19100 | 24400 | [300] 13230 | [600] 10300 | [350] 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | 1750 |
| | ПЗ(56) | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | [950] 6000 | 15600 | 32030 | [400] 25300 | 1350 |
| | П4(64) | 37100 | 25200 | [1000] 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | [1000] 5000 | [350] 23230 | 16500 | 2350 |
| | П5(71) | [900] 25700 | 24130 | [650] 21780 | 18230 | 26260 | [500] 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | 2050 |
| | Сумма | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Опираясь на таблицу 2.4, на рисунке 2.5 составим начальный опорный план, учитывая, что ресурсом являются порожние автомобили, производителем ресурса – потребители, потребителем ресурса – поставщики.

При нахождении опорного плана транспортной задачи будем использовать метод северо-западного угла, заполнение клеток таблицы условий начинают с верхней левой клетки поэтому метод и называется «метод северо-западного угла».

| | | К1 (4) | К2 (10) | К3 (13) | К4 (27) | К5 (36) | К6 (49) | К7 (59) | К8 (63) | К9 (73) | К10 (80) | Сумма |
|--------|--|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| П1(7) | | 1150 | | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| П2(35) | | 150 | 1250 | 350 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| П3(56) | | | | 1300 | 50 | | | | | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| П4(64) | | | | | 250 | 600 | 850 | 650 | | | | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| П5(71) | | | | | | | | 300 | 1000 | 350 | 400 | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.5 – Начальный опорный план возврата порожних автомобилей

Перейдем к решению задачи методом потенциалов. По формуле (2.9) необходимо определить вспомогательную величину – потенциал. Потенциал первой строки равен 0 ($U_1 = 0$). Для других строк и столбцов потенциал найдем, следуя по загруженным клеткам.

$$V_1 = C_{11} - U_1 = 33400 - 0 = 33400$$

$$U_2 = C_{21} - V_1 = 31030 - 33400 = -2370$$

$$V_2 = C_{22} - U_2 = 19100 - (-2370) = 21470$$

$$V_3 = C_{23} - U_2 = 24400 - (-2370) = 26770$$

$$U_3 = C_{33} - V_3 = 40400 - 26770 = 13630$$

$$V_4 = C_{34} - U_3 = 30800 - 13630 = 17170$$

$$U_4 = C_{44} - V_4 = 19300 - 17170 = 2130$$

$$V_5 = C_{45} - U_4 = 18800 - 2130 = 16670$$

$$V_6 = C_{46} - U_4 = 27900 - 2130 = 25770$$

$$V_7 = C_{47} - U_4 = 20400 - 2130 = 18270$$

$$U_5 = C_{57} - V_7 = 41950 - 18270 = 23680$$

$$V_8 = C_{58} - U_5 = 22350 - 23680 = -1330$$

$$V_9 = C_{59} - U_5 = 6700 - 23680 = -16980$$

$$V_{10} = C_{510} - U_5 = 11950 - 23680 = -11730$$

На рисунке 2.6 представлен начальный опорный план с рассчитанными потенциалами по формуле (2.9).

| | | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) | Сумма |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 33400 | 21470 | 26770 | 17170 | 16670 | 25770 | 18270 | -1330 | -16980 | -11730 | |
| П1(7) | | 1150 | | | | | | | | | | |
| | 0 | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | 1150 |
| | | 0 | 6570 | 970 | -1830 | -4230 | -9780 | -24530 | -32030 | -48010 | -44190 | |
| П2(35) | | 150 | 1250 | 350 | | | | | | | | |
| | -2370 | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | 1750 |
| | | 0 | 0 | 0 | 1570 | 4000 | -5730 | -24700 | -29330 | -43960 | -37730 | |
| П3(56) | | | | 1300 | 50 | | | | | | | |
| | 13630 | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | 1350 |
| | | 430 | -1600 | 0 | 0 | 6000 | 2700 | 25900 | -3300 | -35380 | -23400 | |
| П4(64) | | | | | 250 | 600 | 850 | 650 | | | | |
| | 2130 | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | 2350 |
| | | -1570 | -1600 | -1600 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4200 | -38080 | -26100 | |
| П5(71) | | | | | | | | 300 | 1000 | 350 | 400 | |
| | 23680 | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | 2050 |
| | | 31380 | 21020 | 28670 | 22620 | 14090 | 37450 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.6 – Начальный опорный план с потенциалами

Теперь необходимо проверить опорный план на условие оптимальности для всех свободных клеток таблицы по формуле (2.10).

Опорный план не является оптимальным, так как существуют оценки свободных клеток, для которых $\sum C_{ij} = U_i + V_j \geq C_{ij}$:

$$\sum C_{37} = 13630 + 18270 \geq 6000$$

$$\sum C_{51} = 23680 + 33400 \geq 25700$$

$$\sum C_{53} = 23680 + 26770 \geq 21780$$

$$\sum C_{54} = 23680 + 17170 \geq 18230$$

$$\sum C_{56} = 23680 + 25770 \geq 12000$$

Для всех клеток таблицы, в которых условие оптимальности не выполняется необходимо вычислить разницу по формуле (2.11).

$$\Delta C_{37} = (13630 + 18270) - 6000 = 25900$$

$$\Delta C_{51} = (23680 + 33400) - 25700 = 31380$$

$$\Delta C_{53} = (23680 + 26770) - 21780 = 28670$$

$$\Delta C_{54} = (23680 + 17170) - 18230 = 22620$$

$$\Delta C_{56} = (23680 + 25770) - 12000 = 37450$$

Среди ΔC_{ij} нужно найти максимальное значение. В нашем расчете это клетка (C_{56}), называем ее потенциальной и помечаем знаком «+». Построение контура пересчета опорного плана начинаем именно с этой клетки. Контур должен строиться по загруженным клеткам, при этом в вершинах знаки чередуются.

Среди вершин, отмеченных знаком «-», находим самую маленькую загрузку (C_{57}). К загрузкам, помеченным знаком «+» это значение прибавляем, а от загрузок помеченным знаком «-» отнимаем. В результате расчетов минимальная загрузка исключается из таблицы, потенциальная клетка становится загруженной, нулевые разности считаются действующими загрузками.

На рисунке 2.7 представлен описанный 1 шаг приведения транспортной задачи к оптимальному решению.

| | | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) | Сумма |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 33400 | 21470 | 26770 | 17170 | 16670 | 25770 | 18270 | -1330 | -16980 | -11730 | |
| П1(7) | 0 | 1150 | | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| | | 0 | 6570 | 970 | -1830 | -4230 | -9780 | -24530 | -32030 | -48010 | -44190 | |
| П2(35) | -2370 | 150 | 1250 | 350 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| | | 0 | 0 | 0 | 1570 | 4000 | -5730 | -24700 | -29330 | -43960 | -37730 | |
| П3(56) | 13630 | | | 1300 | 50 | | | | | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| | | 430 | -1600 | 0 | 0 | 6000 | 2700 | 25900 | -3300 | -35380 | -23400 | |
| П4(64) | 2130 | | | | 250 | 600 | 850 | 650 | | | | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| | | -1570 | -1600 | -1600 | 0 | 0 | - | + | -4200 | -38080 | -26100 | |
| П5(71) | 23680 | | | | | | + | 300 | 1000 | 350 | 400 | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| | | 31380 | 21020 | 28670 | 22620 | 14090 | 37450 | - | 0 | 0 | 0 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.7 – Шаг 1 по приведению задачи к оптимальному решению

На рисунке 2.7 можно увидеть, что контур состоит из следующих клеток: $C_{56}(+, \text{потенциальная})$ $C_{57}(-)$ $C_{47}(+)$ $C_{46}(-)$.

Следующий шаг делаем точно по такому же алгоритму. Сначала считаем новые потенциалы. По формуле (2.10) проверяем условия оптимальности опорного плана для всех клеток таблицы, не имеющих загрузку. Опорный план не стал оптимальным, так как существуют оценки свободных клеток, для которых $\sum C_{ij} = U_i + V_j \geq C_{ij}$ – это C_{37} , C_{38} , C_{48} . Для этих клеток, в которых условие оптимальности не выполняется вычисляем разницу по формуле (2.11). Находим потенциальную клетку C_{38} , помечаем ее знаком «+». Контур 2 шага представлен на рисунке 2.8.

| | | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) | Сумма |
|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 33400 | 21470 | 26770 | 17170 | 16670 | 25770 | 18270 | 36120 | 20470 | 25720 | |
| П1(7) | 0 | 1150 | | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| | | 0 | 6570 | 970 | -1830 | -4230 | -9780 | -24530 | 5420 | -10560 | -6740 | |
| П2(35) | -2370 | 150 | 1250 | 350 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| | | 0 | 0 | 0 | 1570 | 4000 | -5730 | -24700 | 8120 | -6510 | -280 | |
| П3(56) | 13630 | | | 1300 | 50 | | | | + | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| | | 430 | -1600 | 0 | - | 6000 | 2700 | 25900 | 34150 | 2070 | 14050 | |
| П4(64) | 2130 | | | | 250 | 600 | 550 | 950 | | | | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| | | -1570 | -1600 | -1600 | + | 0 | - | 0 | 33250 | -630 | 11350 | |
| П5(71) | -13770 | | | | | | 300 | | 1000 | 350 | 400 | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| | | -6070 | -16430 | -8780 | -14830 | -23360 | + | -37450 | - | 0 | 0 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.8 – Шаг 2 по приведению задачи к оптимальному решению

На рисунке 2.8 можно увидеть, что контур состоит из следующих клеток: C_{38} (+, потенциальная) C_{34} (-) C_{44} (+) C_{46} (-) C_{56} (+) C_{58} (-). Среди вершин, отмеченных знаком «-», находим самую маленькую загрузку (C_{34}), которая равна 50. К загрузкам, помеченным знаком «+» это значение прибавляем, а от загрузок помеченным знаком «-» отнимаем. В результате расчетов минимальная загрузка исключается из таблицы, потенциальная клетка становится загруженной, нулевые разности считаются действующими загрузками.

Шаг №3. Считаем новые потенциалы согласно формуле (2.9). По формуле (2.10) проверяем условия оптимальности опорного плана для всех клеток таблицы, не имеющих загрузку. Опорный план не стал оптимальным, так как существуют оценки свободных клеток, для которых $\sum C_{ij} = U_i + V_j \geq C_{ij}$ – это C_{42} , C_{43} , C_{48} , C_{51} , C_{53} . Для этих клеток, в которых условие оптимальности не выполняется вычисляем разницу по формуле (2.11). Находим потенциальную клетку C_{48} , помечаем ее знаком «+». Контур 3 шага представлен на рисунке 2.9.

| | | К1 (4) | К2 (10) | К3 (13) | К4 (27) | К5 (36) | К6 (49) | К7 (59) | К8 (63) | К9 (73) | К10 (80) | Сумма |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 33400 | 21470 | 26770 | -16980 | -17480 | -8380 | -15880 | 1970 | -13680 | -8430 | |
| П1(7) | 0 | 1150 | | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| | | 0 | 6570 | 970 | -35980 | -38380 | -43930 | -58680 | -28730 | -44710 | -40890 | |
| П2(35) | -2370 | 150 | 1250 | 350 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| | | 0 | 0 | 0 | -32580 | -30150 | -39880 | -58850 | -26030 | -40660 | -34430 | |
| П3(56) | 13630 | | | 1300 | | | | | 50 | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| | | 430 | -1600 | 0 | -34150 | -28150 | -31450 | -8250 | 0 | -32080 | -20100 | |
| П4(64) | 36280 | | | | 300 | 600 | 500 | 950 | + | | | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| | | 32580 | 32550 | 32550 | 0 | 0 | - | 0 | 33250 | -630 | 11350 | |
| П5(71) | 20380 | | | | | | 350 | | 950 | 350 | 400 | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| | | 28080 | 17720 | 25370 | -14830 | -23360 | + | -37450 | - | 0 | 0 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.9 – Шаг 3 по приведению задачи к оптимальному решению

На рисунке 2.9 можно увидеть, что контур состоит из следующих клеток: C_{48} (+, потенциальная) C_{46} (-) C_{56} (+) C_{58} (-). Среди вершин, отмеченных знаком «-», находим самую маленькую загрузку ($C_{46} = 500$). К загрузкам, помеченным знаком «+» это значение прибавляем, а от загрузок помеченным знаком «-» отнимаем. В результате расчетов минимальная загрузка исключается из таблицы, потенциальная клетка становится загруженной, нулевые разности считаются действующими загрузками.

Шаг №4. Считаем новые потенциалы согласно формуле (2.9). По формуле (2.10) проверяем условия оптимальности опорного плана для всех клеток таблицы, не имеющих загрузку. Опорный план не стал оптимальным, так как существуют оценки свободных клеток, для которых $\sum C_{ij} = U_i + V_j \geq C_{ij}$ – это C_{37} , C_{51} , C_{53} , C_{54} . Для этих клеток, в которых условие оптимальности не выполняется вычисляем разницу по формуле (2.11). Находим потенциальную клетку C_{51} , помечаем ее знаком «+». Контур 4 шага представлен на рисунке 2.10.

| | | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) | Сумма |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 33400 | 21470 | 26770 | 16270 | 15770 | -8380 | 17370 | 1970 | -13680 | -8430 | |
| П1(7) | 0 | 1150 | | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| | | 0 | 6570 | 970 | -2730 | -5130 | -43930 | -25430 | -28730 | -44710 | -40890 | |
| П2(35) | -2370 | 150 | 1250 | 350 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| | | - | 0 | + | 670 | 3100 | -39880 | -25600 | -26030 | -40660 | -34430 | |
| П3(56) | 13630 | | | 1300 | | | | | 50 | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| | | 430 | -1600 | - | -900 | 5100 | -31450 | 25000 | + | -32080 | -20100 | |
| П4(64) | 3030 | | | | 300 | 600 | | 950 | 500 | | | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| | | -670 | -700 | -700 | 0 | 0 | -33250 | 0 | 0 | -33880 | -21900 | |
| П5(71) | 20380 | + | | | | | 850 | | 450 | 350 | 400 | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| | | 28080 | 17720 | 25370 | 18420 | 9890 | 0 | -4200 | - | 0 | 0 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.10 – Шаг 4 по приведению задачи к оптимальному решению

На рисунке 2.10 можно увидеть, что контур состоит из следующих клеток: C_{51} (+, потенциальная) C_{21} (-) C_{23} (+) C_{33} (-) C_{38} (+) C_{58} (-). Среди вершин, отмеченных знаком «-», находим самую маленькую загрузку ($C_{21} = 150$). К загрузкам, помеченным знаком «+» это значение прибавляем, а от загрузок помеченным знаком «-» отнимаем. В результате расчетов минимальная загрузка исключается из таблицы, потенциальная клетка становится загруженной, нулевые разности считаются действующими загрузками.

Шаг №5. Считаем новые потенциалы согласно формуле (2.9). По формуле (2.10) проверяем условия оптимальности опорного плана для всех клеток таблицы, не имеющих загрузку. Опорный план не стал оптимальным, так как существуют оценки свободных клеток, для которых $\sum C_{ij} = U_i + V_j \geq C_{ij}$ – это C_{12} , C_{13} , C_{14} , C_{15} , C_{37} , C_{53} , C_{54} . Для этих клеток, в которых условие оптимальности не выполняется вычисляем разницу по формуле (2.11). Находим потенциальную клетку C_{12} , помечаем ее знаком «+». Контур 5 шага представлен на рисунке 2.11.

| | | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) | Сумма |
|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 33400 | 49550 | 54850 | 44350 | 43850 | 19700 | 45450 | 30050 | 14400 | 19650 | |
| П1(7) | 0 | 1150 | + | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| | | - | 34650 | 29050 | 25350 | 22950 | -15850 | 2650 | -650 | -16630 | -12810 | |
| П2(35) | -30450 | | 1250 | 500 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| | | -28080 | - | + | 670 | 3100 | -39880 | -25600 | -26030 | -40660 | -34430 | |
| П3(56) | -14450 | | | 1150 | | | | | 200 | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| | | -27650 | -1600 | - | -900 | 5100 | -31450 | 25000 | + | -32080 | -20100 | |
| П4(64) | -25050 | | | | 300 | 600 | | 950 | 500 | | | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| | | -28750 | -700 | -700 | 0 | 0 | -33250 | 0 | 0 | -33880 | -21900 | |
| П5(71) | -7700 | 150 | | | | | 850 | | 300 | 350 | 400 | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| | | + | 17720 | 25370 | 18420 | 9890 | 0 | -4200 | - | 0 | 0 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.11 – Шаг 5 по приведению задачи к оптимальному решению

На рисунке 2.11 можно увидеть, что контур состоит из следующих клеток: C_{21} (+, потенциальная) C_{11} (-) C_{51} (+) C_{58} (-) C_{38} (+) C_{33} (-) C_{23} (+) C_{22} (-). Среди вершин, отмеченных знаком «-», находим самую маленькую загрузку ($C_{58} = 300$). К загрузкам, помеченным знаком «+» это значение прибавляем, а от загрузок помеченным знаком «-» отнимаем. В результате расчетов минимальная загрузка исключается из таблицы, потенциальная клетка становится загруженной, нулевые разности считаются действующими загрузками.

Шаг №6. Считаем новые потенциалы согласно формуле (2.9). По формуле (2.10) проверяем условия оптимальности опорного плана для всех клеток таблицы, не имеющих загрузку. Опорный план не стал оптимальным, так как существуют оценки свободных клеток, для которых $\sum C_{ij} = U_i + V_j \geq C_{ij}$ – это C_{37} . Для этих клеток, в которых условие оптимальности не выполняется вычисляем разницу по формуле (2.11). Находим потенциальную клетку C_{37} , помечаем ее знаком «+». Контур 6 шага представлен на рисунке 2.12.

| | | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) | Сумма |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 33400 | 14900 | 20200 | 9700 | 9200 | 19700 | 10800 | -4600 | 14400 | 19650 | |
| П1(7) | 0 | 850 | 300 | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| | | 0 | 0 | -5600 | -9300 | -11700 | -15850 | -32000 | -35300 | -16630 | -12810 | |
| П2(35) | 4200 | | 950 | 800 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| | | 6570 | 0 | 0 | 670 | 3100 | -5230 | -25600 | -26030 | -6010 | 220 | |
| П3(56) | 20200 | | | 850 | | | | + | 500 | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| | | 7000 | -1600 | 0 | -900 | 5100 | 3200 | 25000 | - | 2570 | 14550 | |
| П4(64) | 9600 | | | | 300 | 600 | | 950 | 500 | | | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| | | 5900 | -700 | -700 | 0 | 0 | 1400 | - | + | 770 | 12750 | |
| П5(71) | -7700 | 450 | | | | | 850 | | | 350 | 400 | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| | | 0 | -16930 | -9280 | -16230 | -24760 | 0 | -38850 | -34650 | 0 | 0 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.12 – Шаг 6 по приведению задачи к оптимальному решению

На рисунке 2.12 можно увидеть, что контур состоит из следующих клеток: C_{37} (+, потенциальная) C_{38} (-) C_{48} (+) C_{47} (-). Среди вершин, отмеченных знаком «-», находим самую маленькую загрузку ($C_{38} = 500$). К загрузкам, помеченным знаком «+» это значение прибавляем, а от загрузок помеченным знаком «-» отнимаем. В результате расчетов минимальная загрузка исключается из таблицы, потенциальная клетка становится загруженной, нулевые разности считаются действующими загрузками.

Шаг №7. Считаем новые потенциалы согласно формуле (2.9). По формуле (2.10) проверяем условия оптимальности опорного плана для всех клеток таблицы, не имеющих загрузку. Опорный план не стал оптимальным, так как существуют оценки свободных клеток, для которых $\sum C_{ij} = U_i + V_j \geq C_{ij}$ – это C_{46} , C_{49} , C_{410} . Для этих клеток, в которых условие оптимальности не выполняется вычисляем разницу по формуле (2.11). Находим потенциальную клетку C_{410} , помечаем ее знаком «+». Контур 7 шага представлен на рисунке 2.13.

| | | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) | Сумма |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 33400 | 14900 | 20200 | -15300 | -15800 | 19700 | -14200 | -29600 | 14400 | 19650 | |
| П1(7) | 0 | 850 | 300 | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| | | - | + | -5600 | -34300 | -36700 | -15850 | -57000 | -60300 | -16630 | -12810 | |
| П2(35) | 4200 | | 950 | 800 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| | | 6570 | - | + | -24330 | -21900 | -5230 | -50600 | -51030 | -6010 | 220 | |
| П3(56) | 20200 | | | 850 | | | | 500 | | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| | | 7000 | -1600 | - | -25900 | -19900 | 3200 | + | -25000 | 2570 | 14550 | |
| П4(64) | 34600 | | | | 300 | 600 | | 450 | 1000 | | + | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| | | 30900 | 24300 | 24300 | 0 | 0 | 26400 | - | 0 | 25770 | 37750 | |
| П5(71) | -7700 | 450 | | | | | 850 | | | 350 | 400 | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| | | + | -16930 | -9280 | -41230 | -49760 | 0 | -63850 | -59650 | 0 | - | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.13 – Шаг 7 по приведению задачи к оптимальному решению

На рисунке 2.13 можно увидеть, что контур состоит из следующих клеток: $C_{410}(+, \text{потенциальная}) C_{510}(-) C_{51}(+) C_{11}(-) C_{12}(+) C_{22}(-) C_{23}(+) C_{33}(-) C_{37}(+) C_{47}(-)$. Среди вершин, отмеченных знаком «-», находим самую маленькую загрузку ($C_{510} = 400$). К загрузкам, помеченным знаком «+» это значение прибавляем, а от загрузок помеченным знаком «-» отнимаем. В результате расчетов минимальная загрузка исключается из таблицы, потенциальная клетка становится загруженной, нулевые разности считаются действующими загрузками.

Шаг №8. Считаем новые потенциалы согласно формуле (2.9). По формуле (2.10) проверяем условия оптимальности опорного плана для всех клеток таблицы, не имеющих загрузку. Опорный план не стал оптимальным, так как существуют оценки свободных клеток, для которых $\sum C_{ij} = U_i + V_j \geq C_{ij}$ – это C_{41} , C_{46} , C_{49} . Для этих клеток, в которых условие оптимальности не выполняется вычисляем разницу по формуле (2.11). Находим потенциальную клетку C_{41} , помечаем ее знаком «+». Контур 8 шага представлен на рисунке 2.14.

| | | К1 (4) | К2 (10) | К3 (13) | К4 (27) | К5 (36) | К6 (49) | К7 (59) | К8 (63) | К9 (73) | К10 (80) | Сумма |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 33400 | 14900 | 20200 | -15300 | -15800 | 19700 | -14200 | -29600 | 14400 | -18100 | |
| П1(7) | 0 | 450 | 700 | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| | | - | + | -5600 | -34300 | -36700 | -15850 | -57000 | -60300 | -16630 | -50560 | |
| П2(35) | 4200 | | 550 | 1200 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| | | 6570 | - | + | -24330 | -21900 | -5230 | -50600 | -51030 | -6010 | -37530 | |
| П3(56) | 20200 | | | 450 | | | | 900 | | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| | | 7000 | -1600 | - | -25900 | -19900 | 3200 | + | -25000 | 2570 | -23200 | |
| П4(64) | 34600 | + | | | 300 | 600 | | 50 | 1000 | | 400 | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| | | 30900 | 24300 | 24300 | 0 | 0 | 26400 | - | 0 | 25770 | 0 | |
| П5(71) | -7700 | 850 | | | | | 850 | | | 350 | | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| | | 0 | -16930 | -9280 | -41230 | -49760 | 0 | -63850 | -59650 | 0 | -37750 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.14 – Шаг 8 по приведению задачи к оптимальному решению

На рисунке 2.14 можно увидеть, что контур состоит из следующих клеток: C_{41} (+, потенциальная) C_{47} (-) C_{37} (+) C_{33} (-) C_{23} (+) C_{22} (-) C_{12} (+) C_{11} (-). Среди вершин, отмеченных знаком «-», находим самую маленькую загрузку ($C_{47} = 50$). К загрузкам, помеченным знаком «+» это значение прибавляем, а от загрузок помеченным знаком «-» отнимаем. В результате расчетов минимальная загрузка исключается из таблицы, потенциальная клетка становится загруженной, нулевые разности считаются действующими загрузками.

Шаг №9. Считаем новые потенциалы согласно формуле (2.9). По формуле (2.10) проверяем условия оптимальности опорного плана для всех клеток таблицы, не имеющих загрузку. Опорный план стал оптимальным, так как оценки свободных клеток удовлетворяют условию $\sum C_{ij} = U_i + V_j \leq C_{ij}$. Однако, следует построить еще один контур для того, чтобы уменьшить километраж порожних ездов. Среди положительных чисел свободных клеток найдем максимальное – это C_{35} . Отметим ее, как потенциальную клетку, поставим знак «+». Контур 9 шага представлен на рисунке 2.15.

| | | К1 (4) | К2 (10) | К3 (13) | К4 (27) | К5 (36) | К6 (49) | К7 (59) | К8 (63) | К9 (73) | К10 (80) | Сумма |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 33400 | 14900 | 20200 | 15600 | 15100 | 19700 | -14200 | 1300 | 14400 | 12800 | |
| П1(7) | 0 | 400 | 750 | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| | | - | + | -5600 | -3400 | -5800 | -15850 | -57000 | -29400 | -16630 | -19660 | |
| П2(35) | 4200 | | 500 | 1250 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| | | 6570 | - | + | 6570 | 9000 | -5230 | -50600 | -20130 | -6010 | -6630 | |
| П3(56) | 20200 | | | 400 | | + | | 950 | | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| | | 7000 | -1600 | - | 5000 | 11000 | 3200 | 0 | 5900 | 2570 | 7700 | |
| П4(64) | 3700 | 50 | | | 300 | 600 | | | 1000 | | 400 | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| | | + | -6600 | -6600 | 0 | - | -4500 | -30900 | 0 | -5130 | 0 | |
| П5(71) | -7700 | 850 | | | | | 850 | | | 350 | | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| | | 0 | -16930 | -9280 | -10330 | -18860 | 0 | -63850 | -28750 | 0 | -6850 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.15 – Шаг 9 по приведению задачи к оптимальному решению

На рисунке 2.15 можно увидеть, что контур состоит из следующих клеток: C_{35} (+, потенциальная) C_{45} (-) C_{41} (+) C_{11} (-) C_{12} (+) C_{22} (-) C_{23} (+) C_{33} (-). Среди вершин, отмеченных знаком «-», находим самую маленькую загрузку (C_{11} и C_{33}). К загрузкам, помеченным знаком «+» это значение прибавляем, а от загрузок помеченным знаком «-» отнимаем. В результате расчетов минимальная загрузка исключается из таблицы, потенциальная клетка становится загруженной, нулевые разности считаются действующими загрузками.

Опорный план является оптимальным, так как оценки свободных клеток удовлетворяют условию $\sum C_{ij} = U_i + V_j \leq C_{ij}$.

Конечный опорный план представлен на рисунке 2.16.

| | | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) | Сумма |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 24120 | 14900 | 20200 | 6320 | 5820 | 10420 | -12480 | -7980 | 5120 | 3520 | |
| П1(7) | 0 | | 1150 | | | | | | | | | 1150 |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | |
| | | -9280 | 0 | -5600 | -12680 | -15080 | -25130 | -55280 | -38680 | -25910 | -28940 | |
| П2(35) | 4200 | | 100 | 1650 | | | | | | | | 1750 |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | |
| | | -2710 | 0 | 0 | -2710 | -280 | -14510 | -48880 | -29410 | -15290 | -15910 | |
| П3(56) | 18480 | | | | | 400 | | 950 | | | | 1350 |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | |
| | | -4000 | -3320 | -1720 | -6000 | 0 | -7800 | 0 | -5100 | -8430 | -3300 | |
| П4(64) | 12980 | 450 | | | 300 | 200 | | | 1000 | | 400 | 2350 |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | |
| | | 0 | 2680 | 2680 | 0 | 0 | -4500 | -19900 | 0 | -5130 | 0 | |
| П5(71) | 1580 | 850 | | 0 | | | 850 | | | 350 | | 2050 |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | |
| | | 0 | -7650 | 0 | -10330 | -18860 | 0 | -52850 | -28750 | 0 | -6850 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Рисунок 2.16 – Конечный опорный план возврата порожних автомобилей

Перейдем к построению маршрутов, для этого применим метод совмещенной матрицы. На рисунке 2.17 представлена совмещенная матрица.

| | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| П1(7) | 400 | 750 | | | | | | | | |
| | | 1150 | | | | | | | | |
| П2(35) | | 500 | | 300 | 600 | 350 | | | | |
| | | 100 | 1650 | | | | | | | |
| П3(56) | | | | | | | 950 | | | 400 |
| | | | | | 400 | | 950 | | | |
| П4(64) | | | 1000 | | | | | 1000 | 350 | |
| | 450 | | | 300 | 200 | | | 1000 | | 400 |
| П5(71) | 900 | | 650 | | | 500 | | | | |
| | 850 | | | | | 850 | | | 350 | |

Рисунок 2.17 – Совмещенная матрица грузевых и порожних ездов

Из рисунка 2.17 следует, что матрица содержит грузевые ездки (верхние значения черного цвета) и порожние ездки (значения в нижней части клетки красного цвета). Используя рисунок 2.17, мы можем перейти к формированию

маршрутов. Сначала сформируем маятниковые маршруты. Маятниковые маршруты формируются на основе клеток совмещенной матрицы, в которых присутствуют как груженые, так и порожние ездки. Таких клеток 6:

Маршрут №1: П1 – К2 – П1 = 750 оборотов

Маршрут №2: П2 – К2 – П2 = 100 оборотов

Маршрут №3: П5 – К1 – П5 = 850 оборотов

Маршрут №4: П3 – К7 – П3 = 950 оборотов

Маршрут №5: П5 – К6 – П5 = 500 оборотов

Маршрут №6: П4 – К8 – П4 = 1000 оборотов

Ездки, включенные в маятниковые маршруты из совмещённой матрицы, удаляются.

Чтобы сформировать кольцевой маршрут необходимо в совмещенной матрице построить контур, который удовлетворяет следующему условию – при обходе контура по часовой или против часовой стрелки должны чередоваться углы контура, находящиеся в клетках с порожними и груженными езтками. Кольцевой маршрут формируется с любой груженой ездки.

Сформированные кольцевые маршруты представлены на рисунках 2.18 – 2.23.

| | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| П1(7) | 400 | | | | | | | | | |
| П2(35) | | 400 | | 300 | 600 | 350 | | | | |
| П3(56) | | | 1650 | | | | | | | 400 |
| П4(64) | | | 1000 | | | | | | 350 | |
| П5(71) | 50 | | 650 | | | | | | | |
| | | | | | | 350 | | | 350 | |

Рисунок 2.18 – Формирование 1-го кольцевого маршрута

Кольцевой маршрут №1: П2 – К2 – П1 – К1 – П4 – К3 – П2 = 400 оборотов.

| | К1 (4) | К2 (10) | К3 (13) | К4 (27) | К5 (36) | К6 (49) | К7 (59) | К8 (63) | К9 (73) | К10 (80) |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| П1(7) | | | | | | | | | | |
| П2(35) | | | | 300 | 600 | 350 | | | | |
| П3(56) | | | 1250 | | | | | | | 400 |
| П4(64) | | | 600 | | 400 | | | | 350 | |
| П5(71) | 50 | | 650 | 300 | 200 | | | | 350 | 400 |
| | | | | | | 350 | | | 350 | |

Рисунок 2.19 – Формирование 2-го кольцевого маршрута

Кольцевой маршрут №2: П4 – К9 – П5 – К1 – П4 = 50 оборотов.

| | К1 (4) | К2 (10) | К3 (13) | К4 (27) | К5 (36) | К6 (49) | К7 (59) | К8 (63) | К9 (73) | К10 (80) |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| П1(7) | | | | | | | | | | |
| П2(35) | | | | 300 | 600 | 350 | | | | |
| П3(56) | | | 1250 | | | | | | | 400 |
| П4(64) | | | 600 | | 400 | | | | 300 | |
| П5(71) | 50 | | 650 | 300 | 200 | | | | 300 | 400 |
| | | | | | | 350 | | | 300 | |

Рисунок 2.20 – Формирование 3-го кольцевого маршрута

Кольцевой маршрут №3: П2 – К4 – П4 – К9 – П5 – К3 – П2 = 300 оборотов.

| | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| П1(7) | | | | | | | | | | |
| П2(35) | | | 950 | | 600 | 350 | | | | |
| П3(56) | | | | | 400 | | | | | 400 |
| П4(64) | | | 600 | | | | | | | |
| | | | | | 200 | | | | | 400 |
| П5(71) | | | 350 | | | | | | | |
| | | | | | | 350 | | | | |

Рисунок 2.21 – Формирование 4-го кольцевого маршрута

Кольцевой маршрут №4: П2 – К5 – П4 – К3 – П2 = 200 оборотов.

| | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| П1(7) | | | | | | | | | | |
| П2(35) | | | 750 | | 400 | 350 | | | | |
| П3(56) | | | | | 400 | | | | | 400 |
| П4(64) | | | 400 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 400 |
| П5(71) | | | 350 | | | | | | | |
| | | | | | | 350 | | | | |

Рисунок 2.22 – Формирование 5-го кольцевого маршрута

Кольцевой маршрут №5: П2 – К5 – П3 – К10 – П4 – К3 – П2 = 400 оборотов.

| | K1 (4) | K2 (10) | K3 (13) | K4 (27) | K5 (36) | K6 (49) | K7 (59) | K8 (63) | K9 (73) | K10 (80) |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| П1(7) | | | | | | | | | | |
| П2(35) | | | 350 | | | 350 | | | | |
| П3(56) | | | | | | | | | | |
| П4(64) | | | | | | | | | | |
| П5(71) | | | 350 | | | | 350 | | | |

Рисунок 2.23 – Формирование 6-го кольцевого маршрута

Кольцевой маршрут №6: П2 – К6 – П5 – К3 – П2 = 350 оборотов.

Схемы кольцевых маршрутов представлены на рисунках 2.24 – 2.29.



Рисунок 2.24 – Схема кольцевого маршрута №1 (П2 – К2 – П1 – К1 – П4 – К3 – П2)

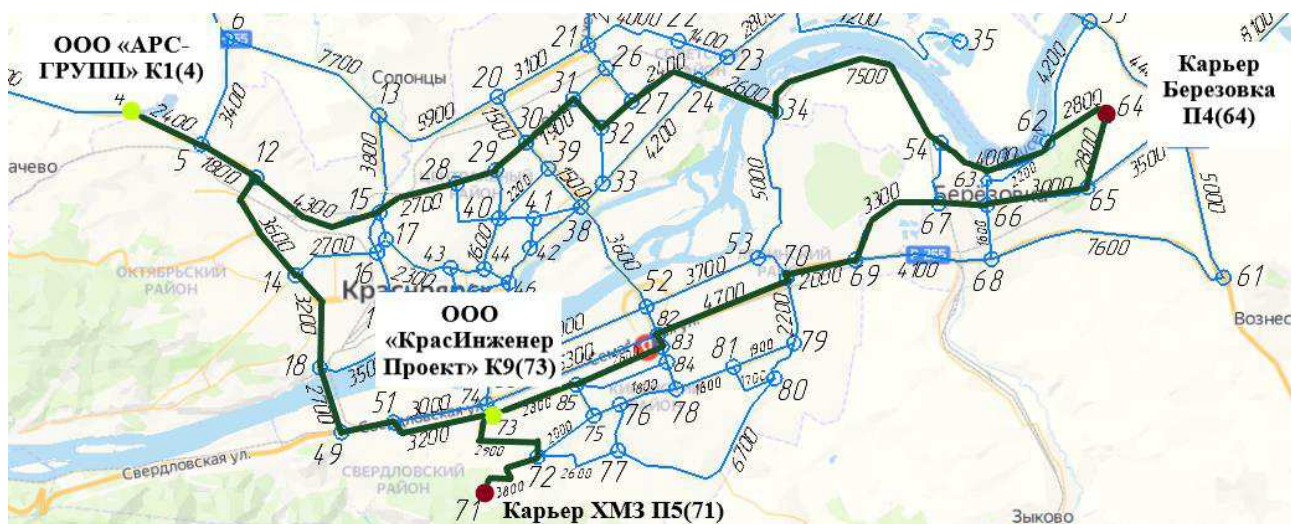


Рисунок 2.25 – Схема кольцевого маршрута №2 (П4 – К9 – П5 – К1 – П4)



Рисунок 2.26 – Схема кольцевого маршрута №3 (П2 – К4 – П4 – К9 – П5 – К3 – П2)



Рисунок 2.27 – Схема кольцевого маршрута №4 (П2 – К5 – П4 – К3 – П2)



Рисунок 2.28 – Схема кольцевого маршрута №5 (П2 – К5 – П3 – К10 – П4 – К3 – П2)



Рисунок 2.29 – Схема кольцевого маршрута №6 (П2 – К6 – П5 – К3 – П2)

Для того, чтобы увидеть насколько улучшился план перевязок в километраже посчитаем значение целевой функции по формуле (2.12). Значение целевой функции первоначального и конечного опорного плана целевой функции:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}, \quad (2.12)$$

где x_{ij} – объем поставки ресурса от i до j , т;

c_{ij} – расстояние перевозки груза, м.

Значение первоначального опорного плана целевой функции равно:

$$F(x) = 400 * 33400 + 750 * 14900 + 500 * 19100 + 900 * 25700 + 1000 * 30500 + 650 * 21780 + 300 * 13230 + 600 * 10300 + 350 * 29130 +$$

$$500 * 12000 + 950 * 6000 + 1000 * 5000 + 350 * 23230 + 400 * 25300 = 157167000 \text{ м} = 157167 \text{ км}$$

Значение конечного опорного плана целевой функции равно:

$$F(x) = 1150 * 14900 + 100 * 19100 + 450 * 37100 + 850 * 25700 + 1650 * 24400 + 300 * 19300 + 400 * 24300 + 200 * 18800 + 850 * 12000 + 950 * 6000 + 1000 * 5000 + 350 * 6700 + 400 * 16500 = 146960000 \text{ м} = 146960 \text{ км}$$

Улучшение опорного плана произведено на $\Delta F(x) = 6,49\%$

Вывод: в данном подразделе была решена транспортная задача по формированию плана возврата порожних автомобилей методом потенциалов, а также для составления опорного плана был применен метод северо-западного угла, в результате чего порожний пробег сократился на 6,49% и составил 146 960 км. Воспользовавшись методом совмещенной матрицы были составлены 12 маршрутов, из них 6 маятниковых и 6 кольцевых. В следующем подразделе рассчитаем программу перевозки для сформированных маршрутов.

2.4 Расчет программы перевозок

Работа подвижного состава оценивается технико-эксплуатационными показателями. Техничко-эксплуатационные показатели характеризуют техническую готовность подвижного состава, продолжительность его работы. Они необходимы для планирования и анализа работы автотранспортного предприятия, учета работы подвижного состава, отчетности и оценки деятельности предприятия. Из предыдущего подраздела при решении транспортной задачи в работе сформировались 12 маршрутов, из которых 6 маятниковых и 6 кольцевых. Рассчитаем для каждого сформированного

маршрута основные технико-эксплуатационные показатели. Также найдем необходимое количество требуемого подвижного состава для объема перевозки. В качестве подвижного состава будем использовать автомобиль-самосвал марки Мап грузоподъемностью 28 т.

В таблице 2.5 представлены сформированные маршруты.

Таблица 2.5 – Сформированные маршруты

| Номер маршрута | Состав маршрута | Длина маршрута, км |
|----------------|-----------------------------------|--------------------|
| М1 | П1 – К2 – П1 | 29,8 |
| М2 | П2 – К2 – П2 | 38,2 |
| М3 | П5 – К1 – П5 | 46,46 |
| М4 | П3 – К7 – П3 | 12 |
| М5 | П5 – К6 – П5 | 24 |
| М6 | П4 – К8 – П4 | 10 |
| К1 | П2 – К2 – П1 – К1 – П4 – К3 – П2 | 159,4 |
| К2 | П4 – К9 – П5 – К1 – П4 | 92,73 |
| К3 | П2 – К4 – П4 – К9 – П5 – К3 – П2 | 108,64 |
| К4 | П2 – К5 – П4 – К3 – П2 | 84 |
| К5 | П2 – К5 – П3 – К10 – П4 – К3 – П2 | 131,3 |
| К6 | П2 – К6 – П5 – К3 – П2 | 87,31 |

Коэффициент использования пробега показывает степень использования пробега автомобиля для выполнения полезной транспортной работы. Для подсчета коэффициента использования пробега нужно пробег автомобиля с грузом разделить на общий пробег.

Коэффициент использования пробега для маятникового и кольцевого маршрутов определяется по формуле:

$$K_{\text{п}} = \frac{L_{\text{гр}}}{L_{\text{общ}}}, \quad (2.13)$$

где $L_{гр}$ – расстояние, пройденное автомобилем с грузом, км;

$L_{общ}$ – общее расстояние, пройденное автомобилем, км.

$$K_{пМ1} = \frac{14,9}{29,8} = 0,5$$

$$K_{пК1} = \frac{83}{159,4} = 0,6$$

Использование грузоподъемности подвижного состава характеризуется коэффициентом использования грузоподъемности. Различают коэффициент статического использования грузоподъемности и коэффициент динамического использования грузоподъемности.

Песок, щебень, гравий относится к 1 классу грузов, коэффициент статического использования грузоподъемности находится в пределах 0,91 – 1. Для расчётов принимается 1.

Коэффициент динамического использования грузоподъемности определяется отношением количества фактически выполненных тонна-километров к количеству тонна-километров, которые могли быть выполнены при полном использовании грузоподъемности подвижного состава (2.14).

$$\gamma_d = \frac{P_{\phi}}{P_{max}}, \quad (2.14)$$

где P_{ϕ} – фактический грузооборот на маршруте, ткм;

P_{max} – максимально возможный грузооборот на маршруте, ткм.

$$P_{\phi} = q_n * \gamma_c * l_{гр}, \quad (2.15)$$

где q_n – номинальная грузоподъемность, т;

γ_c – статический коэффициент грузоподъёмности;

$l_{гр}$ – расстояние груженой ездки.

$$P_{max} = q_H \times L_M, \quad (2.16)$$

где L_M – длина маршрута, км.

Рассчитаем динамический коэффициент для маятникового М1 и кольцевого маршрута К1.

$$\gamma_{дМ1} = \frac{28 \cdot 1 \cdot 14,9}{28 \cdot 29,8} = 0,5$$

$$\gamma_{дК1} = \frac{28 \cdot 1 \cdot 19,1 + 28 \cdot 1 \cdot 33,4 + 28 \cdot 1 \cdot 30,5}{28 \cdot 159,4} = 0,6$$

Определим время оборота автомобиля на маршруте по формуле:

$$t_{об} = \left(\frac{L_M}{V_T} \right) + n \times t_{пр}, \quad (2.17)$$

где L_M – длина маршрута за один оборот, км;

V_T – техническая скорость автомобиля, км/ч;

n – число груженых ездок на маршруте;

$t_{пр}$ – время простоя под погрузкой и разгрузкой за одну ездку, час [12].

$$t_{обМ1} = \left(\frac{29,8}{24} \right) + 1 \times 0,19 = 1,4 \text{ ч}$$

$$t_{обК1} = \left(\frac{159,4}{24} \right) + 3 \times 0,19 = 7,2 \text{ ч}$$

Определим количество оборотов за время работы автомобиля на маршруте по формуле:

$$n_{об} = \frac{T_M}{t_{об}}, \quad (2.18)$$

где T_M – продолжительность работы автомобиля на маршруте в течение смены, ч;

$$n_{обМ1} = \frac{8}{1,4} = 5,7 \text{ оборотов } (\approx 6)$$

$$n_{обК1} = \frac{8}{7,2} = 1,1 \text{ оборотов } (\approx 1)$$

Объем перевозки, выполняемый подвижным составом за смену рассчитывается по формуле:

$$Q_c = q_n \times n \times n_{об} \times \gamma_c, \quad (2.19)$$

$$Q_{сМ1} = 28 * 1 * 5,7 * 1 = 159,6 \text{ т}$$

$$Q_{сК1} = 28 * 3 * 1 * 1 = 84 \text{ т}$$

Сведем расчеты основных технико-эксплуатационных показателей в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Основные технико-эксплуатационные показатели на маршрутах

| Номер маршрута | Коэффициент использования пробега | Время оборота, ч | Количество оборотов, ед | Динамический коэффициент использования грузоподъемности | Объем перевозки за смену, т |
|----------------|-----------------------------------|------------------|-------------------------|---|-----------------------------|
| M1 | 0,5 | 1,4 | 6 | 0,5 | 159,6 |
| M2 | 0,5 | 1,78 | 4 | 0,5 | 112 |
| M3 | 0,5 | 2,1 | 4 | 0,5 | 106,4 |
| M4 | 0,5 | 0,69 | 12 | 0,5 | 324,5 |
| M5 | 0,5 | 1,19 | 7 | 0,5 | 187,6 |
| M6 | 0,5 | 0,6 | 13 | 0,5 | 364 |
| K1 | 0,6 | 7,2 | 1 | 0,6 | 84 |
| K2 | 0,6 | 4,14 | 2 | 0,6 | 106,4 |
| K3 | 0,6 | 4,95 | 2 | 0,6 | 134,4 |
| K4 | 0,6 | 3,88 | 2 | 0,6 | 112 |
| K5 | 0,6 | 6,61 | 1 | 0,6 | 84 |
| K6 | 0,7 | 3,88 | 2 | 0,7 | 112 |

Рассчитаем общее количество оборотов на каждом маршруте. Общее число оборотов на маршруте для подвижного состава рассчитывается по формуле (2.20):

$$n_e = \frac{Q}{q_n \times \gamma_c}, \quad (2.20)$$

где Q – количество груза, необходимое перевести каждому клиенту на маршруте, т;

q_n – номинальная грузоподъемность, т;

γ_c – статический коэффициент грузоподъемности.

$$n_{eM1} = \frac{750}{28 \times 1} = 26,7 = 27$$

$$n_{eK1} = \frac{400}{28 \times 1} = 14,3 = 15$$

Общее количество оборотов для каждого маршрута и общий объем представлен в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Общее количество оборотов и общий объем на маршрутах

| Номер маршрута | Состав маршрута | Общий объем перевозок на маршруте, т | Общее количество оборотов на маршруте |
|----------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| М1 | П1 – К2 – П1 | 750 | 27 |
| М2 | П2 – К2 – П2 | 100 | 4 |
| М3 | П5 – К1 – П5 | 850 | 31 |
| М4 | П3 – К7 – П3 | 950 | 34 |
| М5 | П5 – К6 – П5 | 500 | 18 |
| М6 | П4 – К8 – П4 | 1000 | 36 |
| К1 | П2 – К2 – П1 – К1 – П4 – К3 – П2 | 1200 | 15 |
| К2 | П4 – К9 – П5 – К1 – П4 | 100 | 2 |
| К3 | П2 – К4 – П4 – К9 – П5 – К3 – П2 | 900 | 11 |
| К4 | П2 – К5 – П4 – К3 – П2 | 400 | 8 |
| К5 | П2 – К5 – П3 – К10 – П4 – К3 – П2 | 1200 | 15 |
| К6 | П2 – К6 – П5 – К3 – П2 | 700 | 13 |

Определяем требуемое количество автомобилей для выполнения заданного объема перевозок по формуле:

$$A = \frac{\sum t_{об} \times n_{об}}{T_m}, \quad (2.21)$$

$$A = \frac{1,4*6+1,78*4+2,1*4+0,69*12+1,19*7+0,6*13+7,2*1+4,14*2+4,95*2+3,88*2+6,61*1+3,88*2}{8} = \frac{95,84}{8} = 11,98 = 12 \text{ ед}$$

По отчетным данным предприятия на сегодняшний день суточный объем перевозок осиливается 14 ед. подвижного состава. Внедряя систему кольцевых маршрутов нам понадобится 12 единиц подвижного состава. Базовое и проектируемое количество подвижного состава представлено на рисунке 2.30.

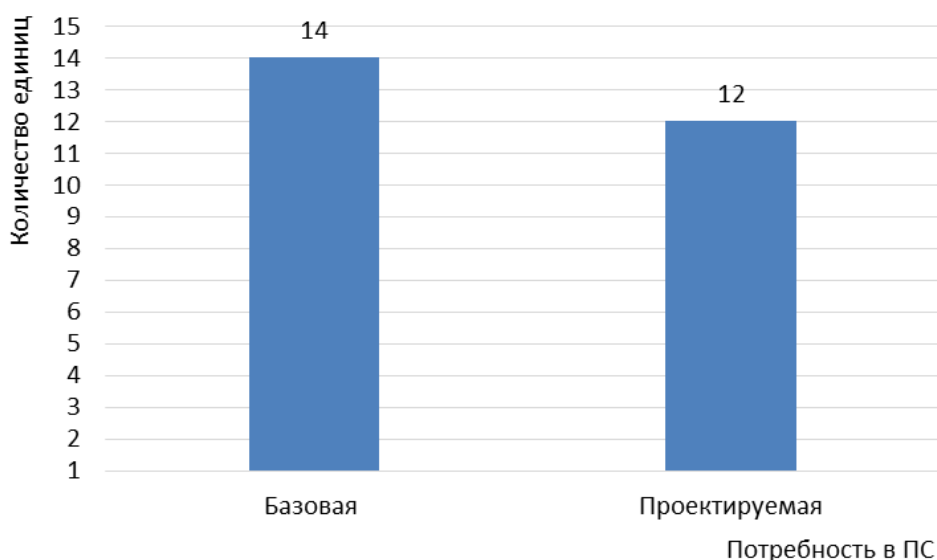


Рисунок 2.30 – Диаграмма потребности в подвижном составе

Вывод: В данном подразделе были рассчитаны основные технико-эксплуатационные показатели работы ПС. Для каждого маршрута был рассчитан коэффициент пробега, время на маршруте, число оборотов на маршруте и общее количество оборотов для всего объема перевозок. Также было рассчитано требуемое количество ПС, внедряя кольцевые маршруты потребность составляет в 12 единиц, что на 2 единицы меньше базовой потребности в ПС.

2.5 Обзор и анализ систем расчетов маршрутов

В настоящее время существует много систем расчетов маршрутов, которые работают в виде программы на ПК. Рассмотрим основные из них.

1С TMS Логистика. Управление перевозками – популярное программное обеспечение для управления автоперевозками. Благодаря многофункциональности, можно отслеживать состояние груза на любом этапе его перемещения, наблюдать за выполнением внутригородских и международных рейсов. Подходит для работы абсолютно любых транспортных компаний. 1С: TMS легко интегрируется с другими программными продуктами, разработанными на различных технологических платформах (1С, SAP, Oracle и

др.). Интеграция расширяет функционал системы и дает дополнительные возможности для автоматизации задач логистики и управления перевозками.

Мегалогист – программное обеспечение функционирует на базе 1С-платформы. Актуально для использования в крупных логистических компаниях. Есть возможность приобрести тариф с ограничением количества обрабатываемых заказов в месяц. Дает возможность оперативного создания заявок на транспортировку, планировки маршрутов в ручном и автоматизированном режиме, наблюдения за выполнением рейсов, проведения аналитических манипуляций. В дополнение существует мобильное приложение для водителей и курьеров. На рисунке 2.31 представлен интерфейс программы «Мегалогист».

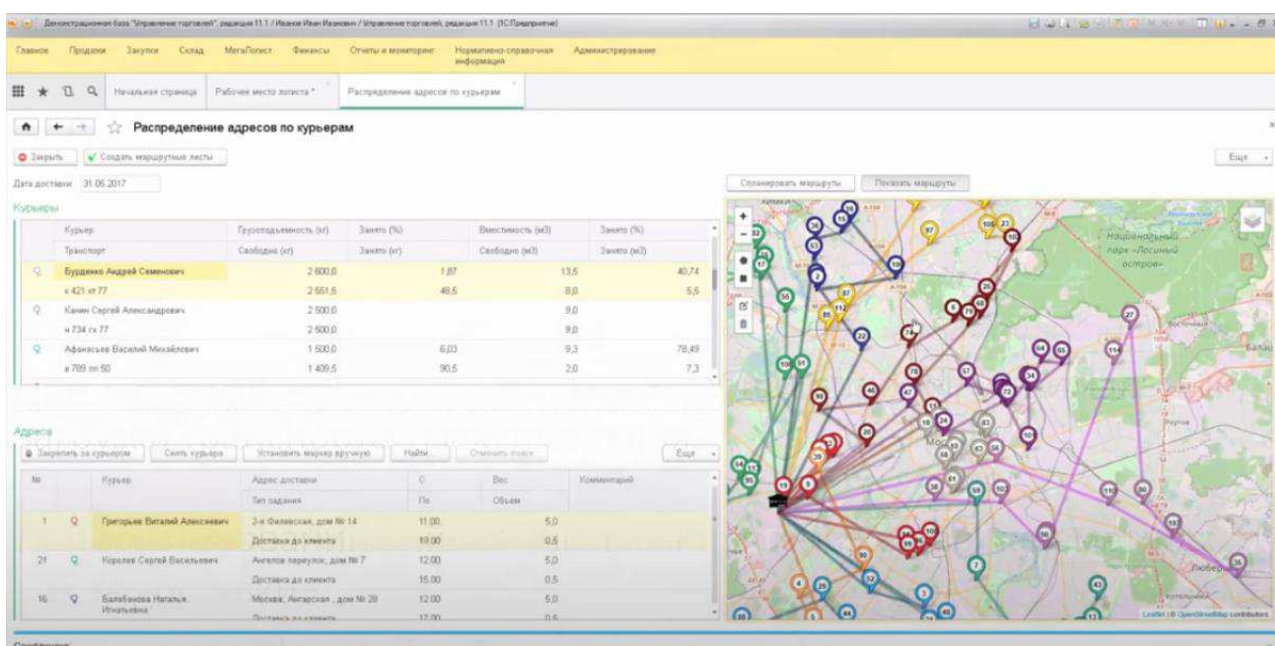


Рисунок 2.31 – Интерфейс программы «Мегалогист»

АВМ Rinkai TMS. Цель системы – автоматическое планирование маршрутов доставки на основании имеющихся заказов и автомобилей, с учетом различных ограничений (временные окна, вес, объем, другой параметр груза, тип автомобиля), для экономии транспортных расходов.

Функционал продукта позволяет автоматизировать основные этапы управления транспортом: планирование маршрутов, контроль за их выполнением, анализ и оценка эффективности.

Планирование маршрутов: автоматическое планирование маршрутов доставки всего автопарка для выполнения всех выбранных заказов; учет различных условий при расчете маршрутов: расстояния между точками, стоимость использования автомобилей, временные окна клиентов и склада, характеристики грузов и транспорта, время загрузки/выгрузки и оформления документов и другие; определение оптимального порядка загрузки-разгрузки; автоматическая рассылка уведомлений клиентам о времени посещения.

Контроль выполнения. В режиме онлайн можно осуществлять контроль движения автомобилей по маршрутам. Есть возможность регистрации отклонений по маршруту (километраж, время, своевременность доставки). Легкое перепланирование маршрутов при форс-мажорах. Бесплатное android приложение *rinkai*, с электронными маршрутными листами, навигацией, контактами клиента и отправкой обратной связи. Также позволяет получать данные по фактическим остановкам автомобиля.

Анализ эффективности. Анализ использования транспорта, временных окон и затрат времени на точках. Комплексная аналитика по транспорту и клиентам, в том числе за счет сравнение плана и факта по маршрутам. Модуль аналитики позволяет оценивать транспортные затраты в разрезе автопарка, клиентов, торговых точек.

На рисунке 2.32 представлен интерфейс программы «ABM Rinkai TMS».

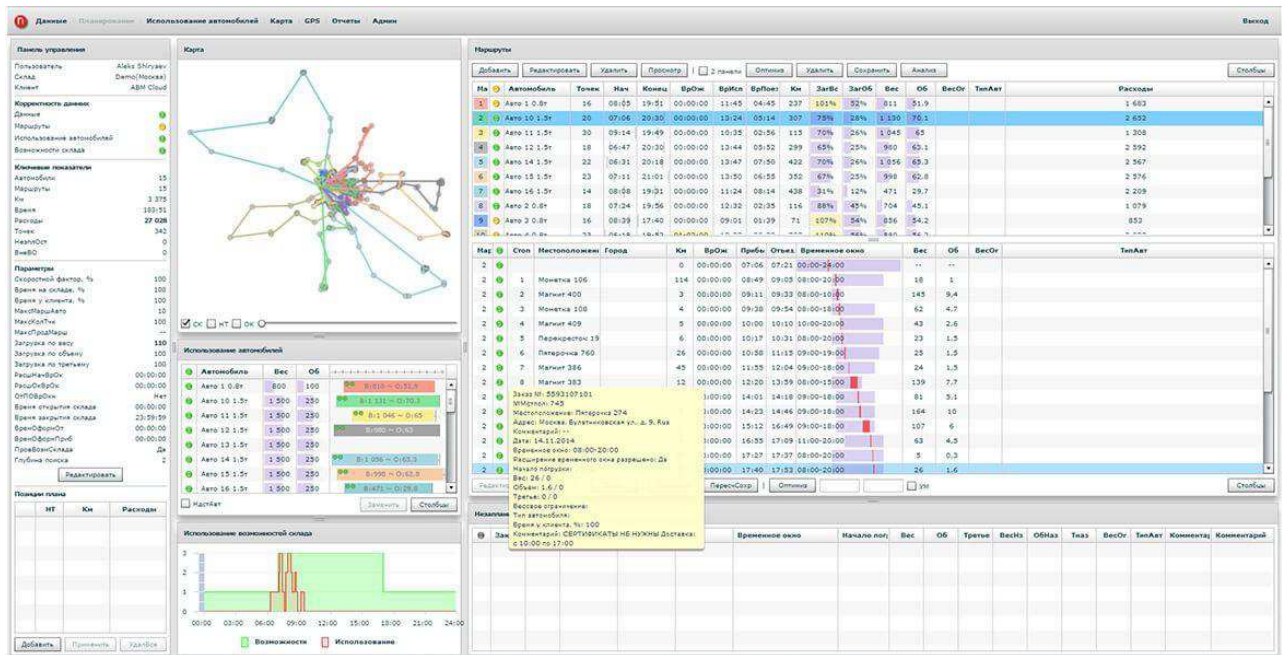


Рисунок 2.32 – Интерфейс программы «ABM Rinkai TMS»

TopLogistic – программное обеспечение, предназначенное для решения задач транспортной логистики. Система позволяет оптимизировать деятельность по доставке грузов в крупном городе или регионе, осуществлять планирование, учет и контроль процессов, связанных с отгрузкой и доставкой, сократить издержки на доставку, повысить качество обслуживания клиентов, обеспечить надежность работы всего логистического комплекса.

Автоматизированная информационная система «TopLogistic» предназначена для составления оптимального, с точки зрения минимизации транспортных издержек, плана автотранспортной доставки разнородной продукции.

Оптимальный план доставки строится на основе принятых заказов, дорожно-знаковой обстановки, характеристик автотранспорта, его наличного состава и параметров адресов доставки. При построении оптимального плана осуществляется автоматический подбор заказов для каждого рейса конкретной автомашины, с учетом ее технических характеристик и рабочего времени. Система по возможности составляет маршруты, обслуживающие сразу

несколько заказчиков, что позволяет значительно уменьшить общий пробег автомашин и расход топлива.

Система транспортной логистики «TopLogistic» может обеспечивать минимизацию транспортных издержек по следующим критериям:

- 1) минимизация общего расхода топлива в стоимостном выражении (руб);
- 2) минимизация общей грузовой работы (ткм);
- 3) минимизация общего пробега автотранспорта (км).

Характеристика рассмотренных автоматизированных систем представлена в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Характеристика программного обеспечения

| Название программы | Стоимость, тыс. руб | Автоматическое формирование маршрутов | Формирование аналитических отчетов | Система слежения за ТС |
|--|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| IC TMS Логистика. Управление перевозками | 62 | + | + | + |
| Мегалогист | 84 | + | + | + |
| ABM Rinkai TMS | 60 | + | + | + |
| TopLogistic | 73 | + | + | - |

Рассмотрев основные автоматизированные системы расчетов маршрутов, можно сделать вывод о том, что для предприятия ООО «Автоспецстрой» рекомендуется использовать программное обеспечение «ABM Rinkai TMS».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе на тему «Совершенствование перевозок грузов на примере «Автоспецстрой» были рассмотрены основные задачи, и мероприятия по их решению для совершенствования перевозок грузов предприятия.

В технико-экономическом обосновании выпускной квалификационной работы был проведен анализ парка подвижного состава, который показал, что парк представлен автомобилями-самосвалами иностранного производства, преимущественно марки Man, грузоподъемность которой составляет 28 т. По сроку эксплуатации и коэффициенту технической готовности было установлено, что парк подвижного состава находится в пределах амортизационного периода и в глобальной замене не нуждается. Был проведен анализ существующей системы перевозки грузов, где были рассмотрены основные грузопотоки и объем перевозки по ним. Было выявлено, что наибольший объем перевозок приходится на летний период, наименьший на зимний.

В технологической части бакалаврской работы были рассмотрены методы маршрутизации. Далее для построения оптимальных маршрутов был выбран метод классической транспортной задачи. Для построения опорного плана возврата порожних автомобилей были применены методы северо-западного угла и метода потенциалов. По итогу сформировались 6 кольцевых маршрутов и 6 маятниковых. Далее был проведен расчет программы перевозок, который показал, что при внедрении кольцевых маршрутов для осуществления плана поставок инертных материалов подвижного состава потребуется на 2 единицы меньше, чем при осуществлении перевозок только маятниковыми маршрутами. Также был произведен обзор и анализ программного обеспечения для расчета маршрутов автоматическим способом на ПК. Для предприятия ООО «Автоспецстрой» рекомендуется использовать программное обеспечение «АВМ Rinkai TMS».

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

В бакалаврской работе были применены следующие сокращения:

ООО – общество с ограниченной ответственностью

м² – метр квадратный

г. – город

ул. – улица

т – тонн

ТС – транспортное средство

ПС – подвижной состав

км – километр

м – метры

тыс. км – тысяч километров

мм – миллиметры

К – потребитель (клиенты)

П – поставщик (карьеры)

ед. – единиц

ПК – персональный компьютер

ч – часы

ткм – тонна километр

руб. – рублей

тыс. руб. – тысяч рублей

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Информация о предприятии ООО Автоспецстрой [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://acc24.org/>;
- 2) О назначении ПС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://autotehnica-ru.turbopages.org>;
- 3) Об экскаваторах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://helpiks.org>;
- 4) О характеристике карьеров [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dumpertaxi.ru/mine>;
- 5) ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия (с Изменениями N 1-4). – Введен 01.01.1995 – Москва. – 27 с;
- 6) ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия. – Введен 01.04.2015– Москва. – 16 с;
- 7) Об инертных материалах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://yartehnostroy.ru>;
- 8) Грузовые автомобильные перевозки: Учебник для вузов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – М: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с;
- 9) Тюрин А. Ю. Эвристические методы решения задач доставки мелкопартионных грузов /Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2007. – №. 1.
- 10) Бирман И. Я. Транспортная задача линейного программирования. – Издательство экономической литературы, 1962;
- 11) Ковалев, В.А. Организация грузовых автомобильных перевозок. Курсовое проектирование : учебное пособие / В.А. Ковалев, А.И. Фадеев. – Красноярск : СФУ, 2014 г. – 188 с;
- 12) Нормы времени простоя автомобилей самосвалов при механизированной погрузке навалочных грузов, разгрузке их самосвалом

[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://трансавтоцистерна.рф/press-centr/stati/2791/23369/>;

13) 1С TMS Логистика. Управление перевозками [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://itob.ru/products/1c-tms>;

14) Мегалогист [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://mega-logist.ru/>;

15) ABM Rinkai TMS [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://tms.abmcloud.com/functionality-tms/>;

16) TopLogistic [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.topplan.ru/cis/logistic/>;

17) СТО 4.2 – 07 – 2010. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. – Красноярск. СФУ, 2010. – 57 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Список и краткая характеристика подвижного состава

| № | Марка, модель | Тип ТС | Год ввода в эксплуатацию | Грузоподъемность, т | Пробег, тыс. км | Техническое состояние |
|----|-------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | Man TGS 41.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2016 | 28 | 227 856 | Исправен |
| 2 | Man TGS 41.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2016 | 28 | 219 541 | Исправен |
| 3 | Man TGS 41.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2016 | 28 | 289 547 | Не исправен |
| 4 | Man TGS 41.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2016 | 28 | 250 456 | Исправен |
| 5 | Man TGS 41.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2016 | 28 | 230 445 | Исправен |
| 6 | Man TGS 41.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2016 | 28 | 225 458 | Исправен |
| 7 | Man M4 MK41.540.4R6 | Автомобиль-самосвал | 2016 | 28 | 253 566 | Исправен |
| 8 | Man M4 MK41.540.4R6 | Автомобиль-самосвал | 2015 | 28 | 270 499 | Исправен |
| 9 | Man M4 MK41.540.4R6 | Автомобиль-самосвал | 2014 | 28 | 300 325 | Исправен |
| 10 | Man M4 MK41.540.4R6 | Автомобиль-самосвал | 2014 | 28 | 350 542 | Исправен |
| 11 | Man M4 MK41.540.4R6 | Автомобиль-самосвал | 2014 | 28 | 378 254 | Исправен |
| 12 | Man M4 MK41.540.4R6 | Автомобиль-самосвал | 2014 | 28 | 315 542 | Исправен |
| 13 | Man M4 MK41.540.4R6 | Автомобиль-самосвал | 2014 | 28 | 349 546 | Исправен |
| 14 | Man M4 MK41.540.4R6 | Автомобиль-самосвал | 2014 | 28 | 290 548 | Исправен |
| 15 | Man M4 MK41.540.4R6 | Автомобиль-самосвал | 2014 | 28 | 320 215 | Исправен |
| 16 | Man M4 MK41.540.4R6 | Автомобиль-самосвал | 2014 | 28 | 326 458 | Исправен |
| 17 | Man TGS 40.390 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2011 | 28 | 489 378 | Не исправен |
| 18 | Man TGS 40.390 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2012 | 28 | 415 856 | Исправен |
| 19 | Man TGS 40.390 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2012 | 28 | 425 365 | Исправен |
| 20 | Man 9596-09-50 | Автомобиль-самосвал | 2015 | 28 | 288 578 | Исправен |
| 21 | Man TGS 40.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2017 | 28 | 180 455 | Исправен |
| 22 | Man TGS 40.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2014 | 28 | 319 587 | Исправен |
| 23 | Man TGS 40.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2015 | 28 | 263 569 | Исправен |
| 24 | Man TGS 40.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2015 | 28 | 275 652 | Исправен |
| 25 | Man TGS 40.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2015 | 28 | 295 324 | Исправен |
| 26 | Man TGS 40.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2017 | 28 | 204 568 | Не исправен |

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

Окончание таблицы А1

| № | Марка, модель | Тип ТС | Год ввода в эксплуатацию | Грузоподъемность, т | Пробег, тыс. км | Техническое состояние |
|----|----------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|
| 27 | Man TGS 40.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2017 | 28 | 210 548 | Исправен |
| 28 | Man TGS 40.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2017 | 28 | 195 458 | Исправен |
| 29 | Man TGS 40.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2015 | 28 | 274 985 | Исправен |
| 30 | Man TGS 40.400 BB-WW | Автомобиль-самосвал | 2015 | 28 | 268 256 | Исправен |
| 31 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2019 | 24 | 110 542 | Исправен |
| 32 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2018 | 24 | 161 548 | Исправен |
| 33 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2019 | 24 | 90 578 | Исправен |
| 34 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2018 | 24 | 140 658 | Исправен |
| 35 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2018 | 24 | 137 774 | Исправен |
| 36 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2018 | 24 | 120 885 | Исправен |
| 37 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2018 | 24 | 163 254 | Исправен |
| 38 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2018 | 24 | 146 556 | Исправен |
| 39 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2020 | 24 | 55 785 | Исправен |
| 40 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2016 | 24 | 244 584 | Исправен |
| 41 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2016 | 24 | 227 658 | Исправен |
| 42 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2015 | 24 | 280 856 | Исправен |
| 43 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2015 | 24 | 290 651 | Исправен |
| 44 | SCANIA P400 | Автомобиль-самосвал | 2014 | 24 | 309 487 | Исправен |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1 – Модель транспортной сети г. Красноярск

| Вершина от | Вершина до | Длина ребра, м | Наименование |
|------------|------------|----------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 15000 | Ул. Дружбы, трасса 04А-300, 04К-288 |
| | 3 | 9200 | Р-255 Сибирь, 793 – 802 км |
| 2 | 1 | 15000 | Ул. Дружбы, трасса 04А-300, 04К-288 |
| | 4 | 12000 | Ул. Кедровая, трасса 04К-297 |
| 3 | 1 | 9200 | Р-255 Сибирь, 793 – 802 км |
| | 6 | 6600 | Трасса Р-255 Сибирь |
| | 7 | 21000 | Трасса 04К-291 |
| | 8 | 16000 | Трасса Р-255 Сибирь |
| 4 | 2 | 12000 | Ул. Кедровая, трасса 04К-297 |
| | 5 | 2400 | Ул. Калинина |
| 5 | 4 | 2400 | Ул. Калинина |
| | 6 | 3400 | Трасса Р-255 Сибирь |
| | 12 | 1800 | Ул. Калинина |
| 6 | 3 | 6600 | Трасса Р-255 Сибирь |
| | 5 | 3400 | Трасса Р-255 Сибирь |
| | 13 | 7700 | Северное шоссе |
| 7 | 3 | 21000 | Трасса 04К-291 |
| | 8 | 7400 | Енисейский тракт |
| 8 | 3 | 16000 | Трасса Р-255 Сибирь |
| | 7 | 7400 | Енисейский тракт |
| | 9 | 4000 | Енисейский тракт |
| | 37 | 9300 | Трасса Р-255 Сибирь |
| 9 | 8 | 4000 | Енисейский тракт |
| | 10 | 3500 | Проспект 60 лет Образования СССР |
| | 11 | 3000 | Енисейский тракт |
| 10 | 9 | 3500 | Проспект 60 лет Образования СССР |
| | 11 | 1300 | Проспект 60 лет Образования СССР |
| 11 | 9 | 3000 | Енисейский тракт |
| | 10 | 1300 | Проспект 60 лет Образования СССР |
| | 21 | 2400 | Енисейский тракт |
| 12 | 5 | 1800 | Ул. Калинина |
| | 14 | 3600 | Ул. Высотная |
| | 15 | 4300 | Ул. Калинина |
| 13 | 6 | 7700 | Северное шоссе |
| | 15 | 3800 | Проспект Котельникова |
| | 20 | 5900 | Северное шоссе |
| 14 | 12 | 3600 | Ул. Высотная |
| | 16 | 2700 | Свободный проспект |
| | 18 | 3200 | Ул. Годенко, Николаевский проспект |
| 15 | 12 | 4300 | Ул. Калинина |
| | 13 | 3800 | Проспект Котельникова |
| | 16 | 2000 | Ул. Маерчака |
| | 17 | 1000 | Брянская улица |
| | 28 | 2700 | 2-я Брянская улица |
| 16 | 14 | 2700 | Свободный проспект |
| | 15 | 2000 | Ул. Маерчака |

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Продолжение таблицы Б1

| Вершина от | Вершина до | Длина ребра, м | Наименование |
|------------|------------|----------------|--|
| | 17 | 650 | 2-я Озёрная улица, Северо-Енисейская улица, Северная улица |
| | 19 | 1500 | Ул. Маерчака |
| 17 | 15 | 1000 | Брянская улица |
| | 16 | 650 | 2-я Озёрная улица, Северо-Енисейская улица, Северная улица |
| | 43 | 2300 | Брянская улица |
| 18 | 14 | 3200 | Ул. Годенко, Николаевский проспект |
| | 48 | 3500 | Ул. Дубровинского |
| | 49 | 2700 | Николаевский мост |
| 19 | 16 | 1500 | Ул. Маерчака |
| | 48 | 1900 | Ул. Бограда, ул. Декабристов |
| 20 | 13 | 5900 | Северное шоссе |
| | 21 | 3100 | Северное шоссе |
| | 30 | 1500 | Ул. Авиаторов |
| 21 | 11 | 2400 | Енисейский тракт |
| | 20 | 3100 | Северное шоссе |
| | 22 | 4000 | Ул. Технологическая |
| | 26 | 1000 | Енисейский тракт |
| 22 | 21 | 4000 | Ул. Технологическая |
| | 23 | 1400 | Ул. Технологическая |
| 23 | 22 | 1400 | Ул. Технологическая |
| | 24 | 830 | Ул. Пограничников |
| | 25 | 2800 | Ул. Пограничников |
| 24 | 23 | 830 | Ул. Пограничников |
| | 27 | 2400 | Ястынская улица |
| | 33 | 4200 | Пр. металлургов |
| | 34 | 2600 | Коркинский мост |
| 25 | 23 | 2800 | Ул. Пограничников |
| | 35 | 7200 | Ул. Сергея Лазо |
| | 36 | 3100 | Ул. Пограничников |
| 26 | 21 | 1000 | Енисейский тракт |
| | 27 | 1200 | Ул. Гайдашовка |
| | 31 | 1300 | Ул. 9 мая |
| 27 | 24 | 2400 | Ястынская улица |
| | 26 | 1200 | Ул. Гайдашовка |
| | 32 | 1200 | Ястынская улица |
| 28 | 15 | 2700 | 2-я Брянская улица |
| | 29 | 1200 | Караульная улица |
| | 40 | 2300 | Ул. Чернышевского, ул. Мужества |
| 29 | 28 | 1200 | Караульная улица |
| | 30 | 1200 | Ул. 9 мая |
| | 40 | 1400 | Ул. Шахтеров |
| 30 | 20 | 1500 | Ул. Авиаторов |
| | 29 | 1200 | Ул. 9 мая |
| | 31 | 1900 | Ул. 9 мая |
| | 39 | 1100 | Ул. Авиаторов |
| 31 | 26 | 1300 | Ул. 9 мая |

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Продолжение таблицы Б1

| Вершина от | Вершина до | Длина ребра, м | Наименование |
|------------|------------|----------------|------------------------------------|
| | 30 | 1900 | Ул. 9 мая |
| | 32 | 1100 | Комсомольский проспект |
| 32 | 27 | 1200 | Ястынская улица |
| | 31 | 1100 | Комсомольский проспект |
| | 33 | 1700 | Комсомольский проспект |
| 33 | 24 | 4200 | Пр. Металлургов |
| | 32 | 1700 | Комсомольский проспект |
| | 38 | 900 | Пр. Металлургов |
| 34 | 24 | 2600 | Коркинский мост |
| | 53 | 5000 | Одесская улица |
| | 54 | 7500 | Северное шоссе |
| 35 | 25 | 7200 | Ул. Сергея Лазо |
| 36 | 25 | 3100 | Ул. Пограничников |
| | 37 | 4200 | Ул. Пограничников |
| 37 | 8 | 9300 | Трасса Р-255 Сибирь |
| | 36 | 4200 | Ул. Пограничников |
| | 55 | 7600 | Трасса Р-255 Сибирь |
| 38 | 33 | 900 | Пр. Металлургов |
| | 39 | 1500 | Ул. Авиаторов |
| | 41 | 1700 | Ул. Весны, ул. Партизана Железняка |
| | 42 | 1900 | ул. Партизана Железняка |
| | 52 | 3600 | Октябрьский мост |
| 39 | 30 | 1100 | Ул. Авиаторов |
| | 38 | 1500 | Ул. Авиаторов |
| | 40 | 2200 | Ул. Молокова |
| 40 | 28 | 2300 | Ул. Чернышевского, ул. Мужества |
| | 29 | 1400 | Ул. Шахтеров |
| | 39 | 2200 | Ул. Молокова |
| | 41 | 1100 | Взлётная улица |
| | 44 | 1600 | Ул. Шахтёров |
| 41 | 38 | 1700 | Ул. Весны, ул. Партизана Железняка |
| | 40 | 1100 | Взлётная улица |
| | 42 | 1000 | Аэровокзальная улица |
| 42 | 38 | 1900 | ул. Партизана Железняка |
| | 41 | 1000 | Аэровокзальная улица |
| | 46 | 1300 | Ул. Белинского |
| 43 | 17 | 2300 | Брянская улица |
| | 44 | 1100 | Игарская улица, Брянская улица |
| | 45 | 820 | Ул. Вейнбаума |
| 44 | 40 | 1600 | Ул. Шахтёров |
| | 43 | 1100 | Игарская улица, Брянская улица |
| | 46 | 2000 | Ул. Дубенского |
| 45 | 19 | 2000 | Ул. Ленина |
| | 43 | 820 | Ул. Вейнбаума |
| | 47 | 730 | Ул. Вейнбаума |
| 46 | 42 | 1300 | Ул. Белинского |
| | 44 | 2000 | Ул. Дубенского |
| | 45 | 1800 | Ул. Ленина |
| | 47 | 2300 | Ул. Дубровинского |

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Продолжение таблицы Б1

| Вершина от | Вершина до | Длина ребра, м | Наименование |
|------------|------------|----------------|--|
| 47 | 45 | 730 | Ул. Вейнбаума |
| | 46 | 2300 | Ул. Дубровинского |
| | 48 | 1500 | Ул. Дубровинского |
| | 50 | 2000 | Коммунальный мост |
| 48 | 18 | 3500 | Ул. Дубровинского |
| | 47 | 1500 | Ул. Дубровинского |
| 49 | 18 | 2700 | Николаевский мост |
| | 51 | 2100 | Свердловская улица |
| 50 | 52 | 5000 | Пр. имени Газеты Красноярский Рабочий |
| | 74 | 750 | Ул. Матросова |
| 51 | 49 | 2100 | Свердловская улица |
| | 73 | 3200 | Ул. 60 лет Октября |
| | 74 | 3000 | Ул. Свердловская |
| 52 | 38 | 3600 | Октябрьский мост |
| | 50 | 5000 | Пр. имени Газеты Красноярский Рабочий |
| | 53 | 3700 | Пр. имени Газеты Красноярский Рабочий |
| | 82 | 900 | Ул. Мичурина |
| 53 | 34 | 5000 | Одесская улица |
| | 52 | 3700 | Пр. имени Газеты Красноярский Рабочий |
| | 70 | 1500 | Ул. Глинки |
| 54 | 34 | 7500 | Северное шоссе |
| | 62 | 4000 | Трасса 04К-154 |
| | 67 | 2000 | Северное шоссе |
| 55 | 37 | 7600 | Трасса Р-255 Сибирь |
| | 60 | 4400 | Р-255, малый обход Красноярска |
| | 62 | 4200 | Трасса 04К-151 |
| 56 | 57 | 4600 | Трасса 04Н-374 |
| | 60 | 8100 | Трасса 04Н-374 |
| 57 | 56 | 4600 | Трасса 04Н-374 |
| | 58 | 4500 | Трасса 04Н-374 |
| | 59 | 1400 | Пр. Мира Сосновоборск |
| 58 | 57 | 4500 | Трасса 04Н-374 |
| | 59 | 3800 | Ул. Ленинского Комсомола, Заводская улица Сосновоборск |
| 59 | 57 | 1400 | Пр. Мира Сосновоборск |
| | 58 | 3800 | Ул. Ленинского Комсомола, Заводская улица Сосновоборск |
| 60 | 55 | 4400 | Р-255, малый обход Красноярска |
| | 56 | 8100 | Трасса 04Н-374 |
| | 61 | 5000 | Р-255, малый обход Красноярска |
| | 65 | 3500 | Трасса 04Н-374 |
| 61 | 60 | 5000 | Р-255, малый обход Красноярска |
| | 68 | 7600 | Р-255 Сибирь, ул. Тракторная |
| 62 | 54 | 4000 | Трасса 04К-154 |
| | 55 | 4200 | Трасса 04К-151 |
| | 63 | 2200 | Ул. Строителей, ул. Центральная |
| | 64 | 2800 | Трасса 04К-154 |

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Продолжение таблицы Б1

| Вершина от | Вершина до | Длина ребра, м | Наименование |
|------------|------------|----------------|--|
| 63 | 62 | 2200 | Ул. Строителей, ул. Центральная |
| | 66 | 1000 | Ул. Кирова |
| 64 | 62 | 2800 | Трасса 04К-154 |
| | 65 | 2800 | Трасса 04К-154 |
| 65 | 60 | 3500 | Трасса 04Н-374 |
| | 64 | 2800 | Трасса 04К-154 |
| | 66 | 3000 | Трасса 04Н-374 |
| 66 | 63 | 1000 | Ул. Кирова |
| | 65 | 3000 | Трасса 04Н-374 |
| | 67 | 1700 | Ул. Дружбы |
| | 68 | 1600 | Ул. Кирова |
| 67 | 54 | 2000 | Северное шоссе |
| | 66 | 1700 | Ул. Дружбы |
| | 69 | 3300 | Ул. Дружбы, трасса 04Н-374 |
| 68 | 61 | 7600 | Р-255 Сибирь, ул. Тракторная |
| | 66 | 1600 | Ул. Кирова |
| | 69 | 4100 | Ул. Тракторная |
| 69 | 67 | 3300 | Ул. Дружбы, трасса 04Н-374 |
| | 68 | 4100 | Ул. Тракторная |
| | 70 | 2000 | Ул. Глинки |
| 70 | 53 | 1500 | Ул. Глинки |
| | 69 | 2000 | Ул. Глинки |
| | 79 | 2200 | Тамбовская улица |
| | 82 | 4700 | Ул. Семафорная |
| 71 | 72 | 3800 | Ул. Цементников |
| 72 | 71 | 3800 | Ул. Цементников |
| | 73 | 2900 | Ул. Лесопильщиков |
| | 75 | 2000 | Краснопресненская улица |
| | 77 | 2600 | Ул. Цементников, ул. Тургенева, ул. Алёши Тимошенкова |
| 73 | 51 | 3200 | Ул. 60 лет Октября |
| | 72 | 2900 | Ул. Лесопильщиков |
| | 74 | 430 | Ул. Александра Матросова |
| | 85 | 2800 | Ул. 60 лет Октября |
| 74 | 47 | 6000 | Ярыгинский проезд |
| | 51 | 3000 | Ул. Свердловская |
| | 73 | 430 | Ул. Александра Матросова |
| | 82 | 5300 | Ул. Семафорная |
| 75 | 72 | 2000 | Краснопресненская улица |
| | 76 | 850 | Ул. Грунтовая |
| | 85 | 1200 | Затонская улица |
| 76 | 75 | 850 | Ул. Грунтовая |
| | 77 | 1400 | Ул. Монтажников |
| | 78 | 1800 | Ул. Грунтовая |
| 77 | 72 | 2600 | Ул. Цементников, ул. Тургенева, ул. Алёши Тимошенкова |
| | 76 | 1400 | Ул. Монтажников |
| | 80 | 6700 | Ул. Монтажников |
| 78 | 76 | 1800 | Ул. Грунтовая |
| | 81 | 1800 | Волжская улица |
| | 84 | 830 | Ул. Мичурина |
| 79 | 70 | 2200 | Тамбовская улица |

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Окончание таблицы Б1

| Вершина от | Вершина до | Длина ребра, м | Наименование |
|------------|------------|----------------|-----------------------|
| | 80 | 1500 | Ул. Шевченко |
| | 81 | 1900 | Волжская улица |
| 80 | 77 | 6700 | Ул. Монтажников |
| | 79 | 1500 | Ул. Шевченко |
| | 81 | 1700 | Аральская улица |
| 81 | 78 | 1800 | Волжская улица |
| | 79 | 1900 | Волжская улица |
| | 80 | 1700 | Аральская улица |
| 82 | 52 | 900 | Ул. Мичурина |
| | 70 | 4700 | Ул. Семафорная |
| | 74 | 5300 | Ул. Семафорная |
| | 83 | 330 | Ул. Мичурина |
| 83 | 82 | 330 | Ул. Мичурина |
| | 84 | 500 | Ул. Мичурина |
| | 85 | 2600 | Ул. Академика Павлова |
| 84 | 78 | 830 | Ул. Мичурина |
| | 83 | 500 | Ул. Мичурина |
| | 85 | 2800 | Ул. Щорса |
| 85 | 73 | 2800 | Ул. 60 лет Октября |
| | 75 | 1200 | Затонская улица |
| | 83 | 2600 | Ул. Академика Павлова |
| | 84 | 2800 | Ул. Щорса |

ПРИЛОЖЕНИЕ В

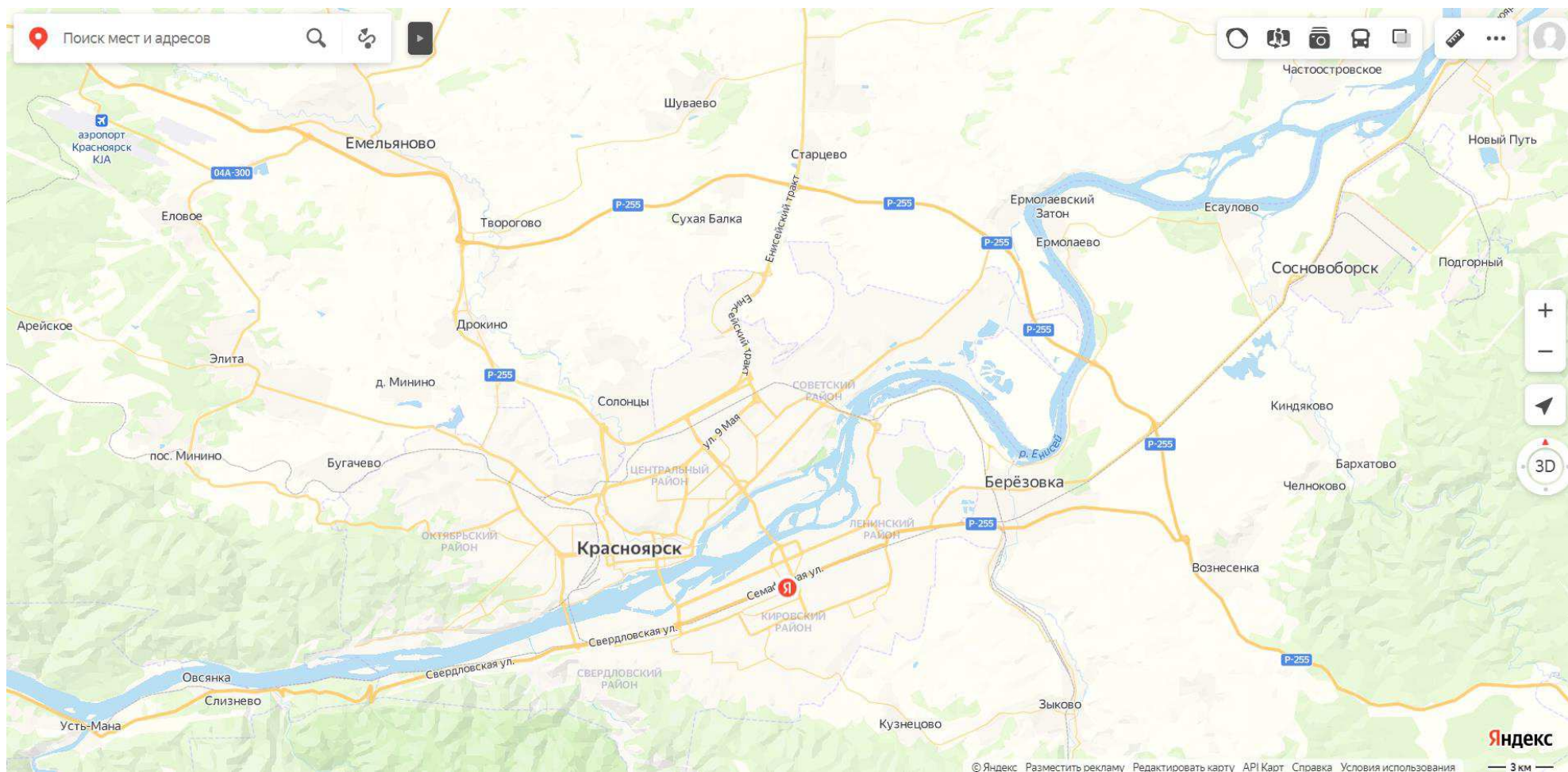


Рисунок В1 – Карта города Красноярска

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В



Рисунок В2 – Карта города Красноярска с моделью транспортной сети

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

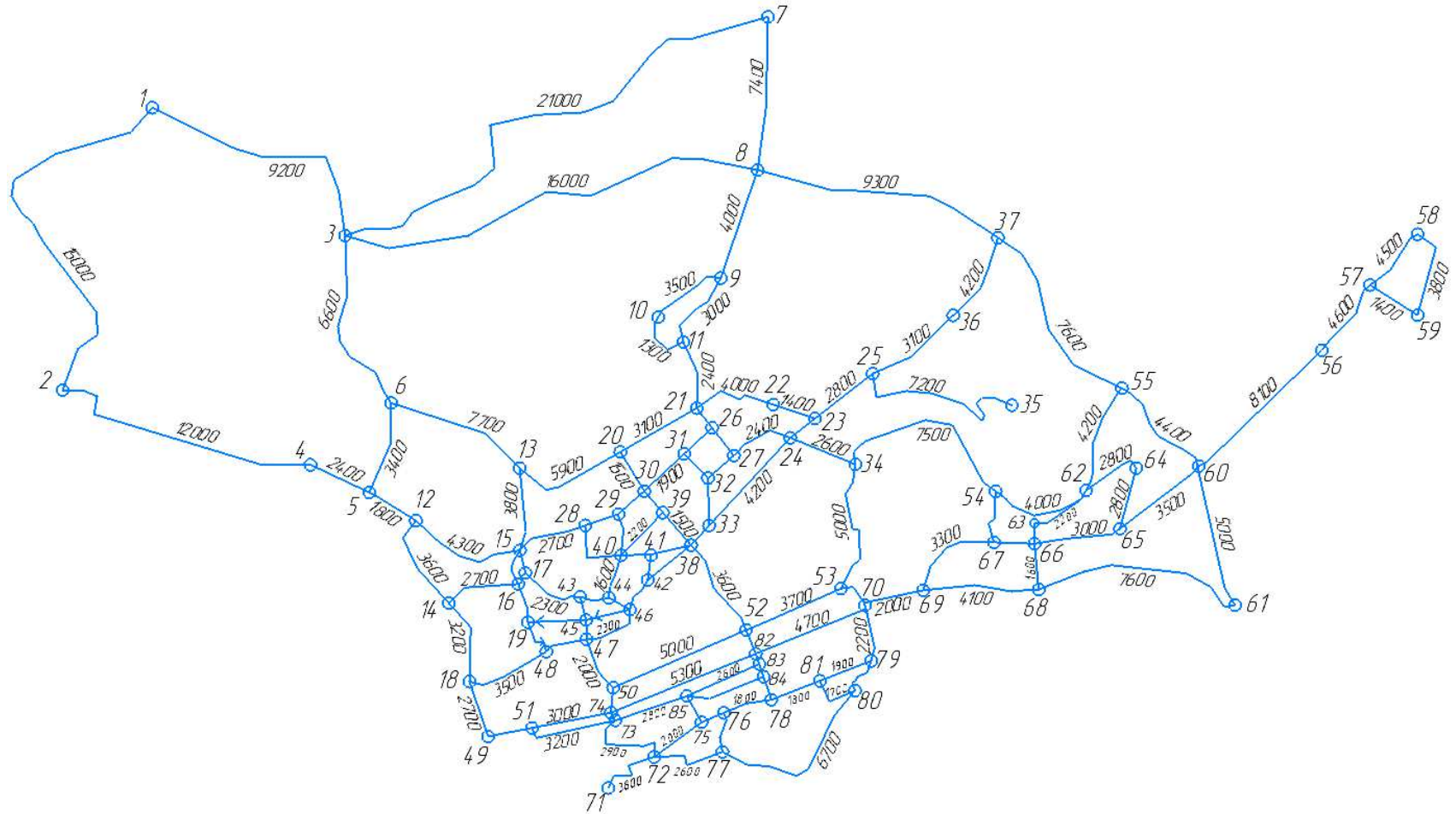
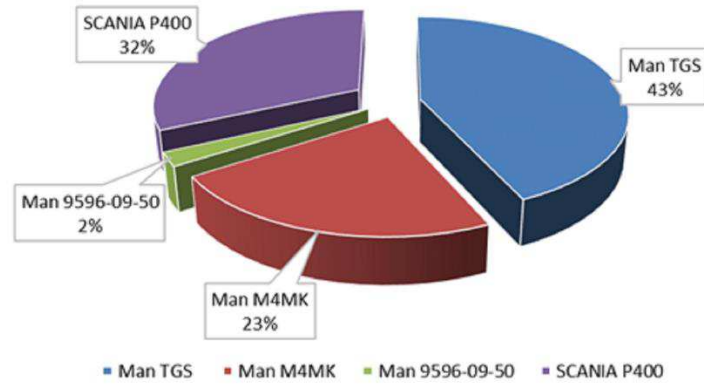


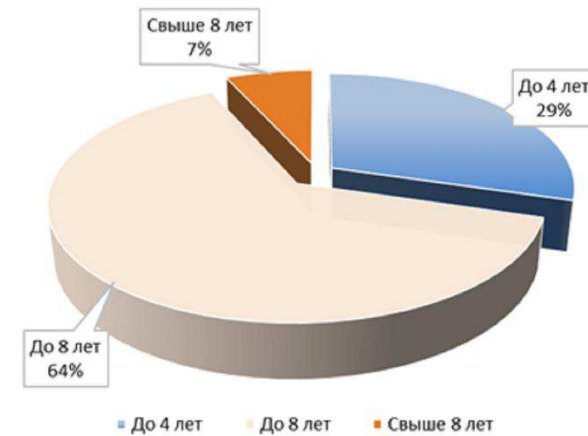
Рисунок В3 – Модель транспортной сети города Красноярска

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Презентационный материал

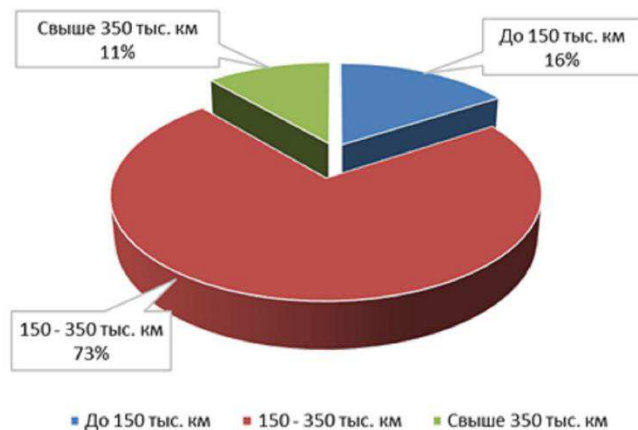
Структура парка подвижного состава по маркам и модели



Структура парка подвижного состава по сроку эксплуатации



Структура парка подвижного состава по пробегу

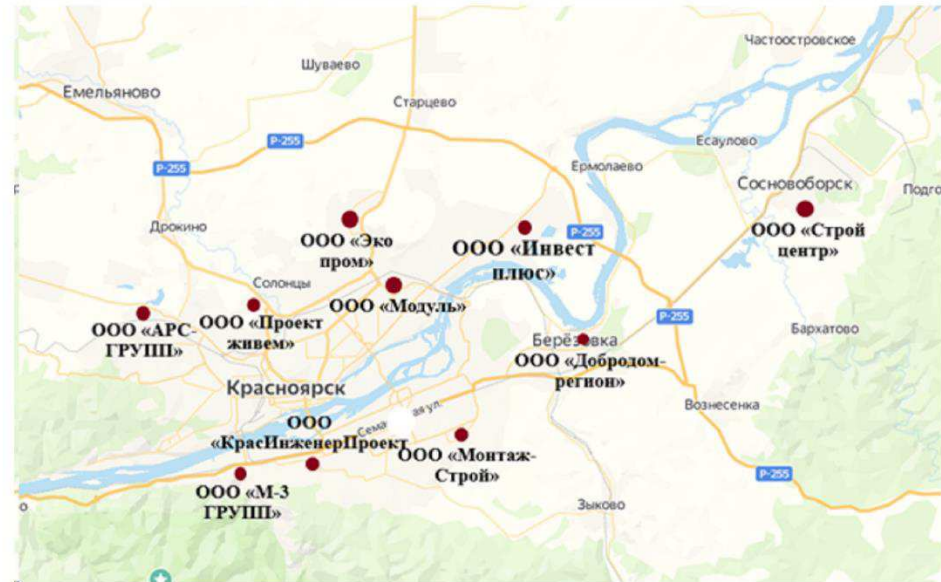


| | | | |
|-------------------------|--------------|--------|-----------------|
| БР 23.03.01 - 071721809 | | | |
| Дир. Деп.: | И.В. Яковлев | Лекс.: | М.А. Мухоморова |
| Зам. Дир.: | В.А. Яковлев | Лекс.: | М.А. Мухоморова |
| Зам. Дир.: | С.С. Яковлев | Лекс.: | М.А. Мухоморова |
| Исполн.: | | Лекс.: | М.А. Мухоморова |
| Увед.: | | Лекс.: | М.А. Мухоморова |
| Копия: "Транспорт" | | | |



Месторасположение карьеров на карте

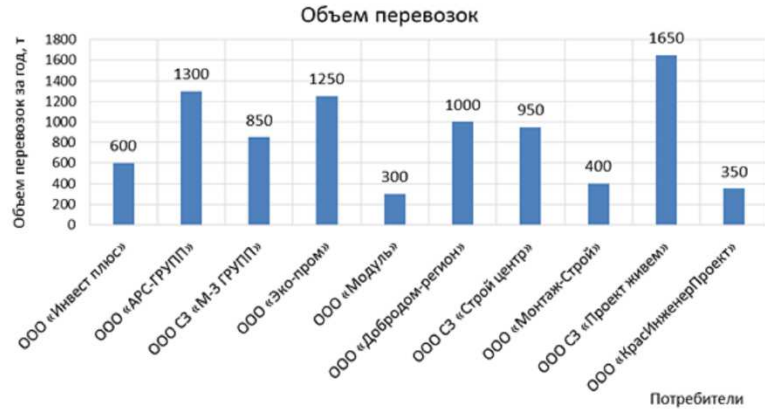
Месторасположение клиентов на карте



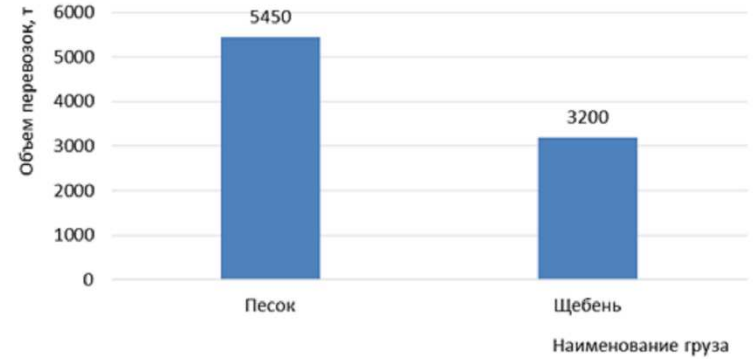
Исполнитель: ООО «Триумф»
 Адрес: г. Красноярск, ул. Мухоморова, д. 11
 Контакт: 8 (390) 211-11-11

| | | | |
|---|-------------|------|------------|
| БР 23.03.01 - 071721809 | | | |
| № документа | № документа | Дата | Лист |
| 11 | | | 11 |
| Содержание: перевозка грузов на примере ООО «Автострой» | | | Листов: 1 |
| Исполнитель: ООО «Триумф» | | | Формат: А4 |

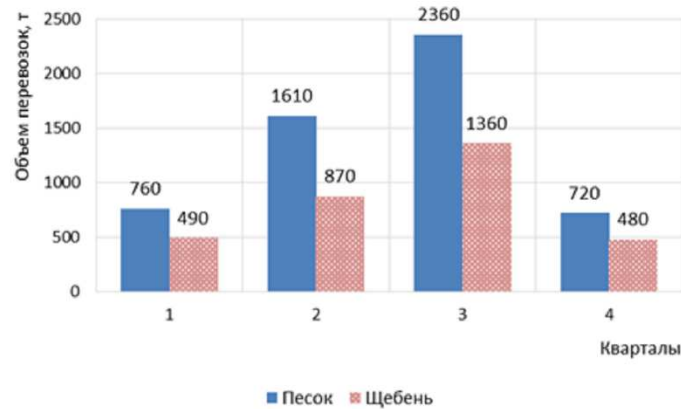
Объем перевозок грузов за год



Объем перевозок по структуре груза

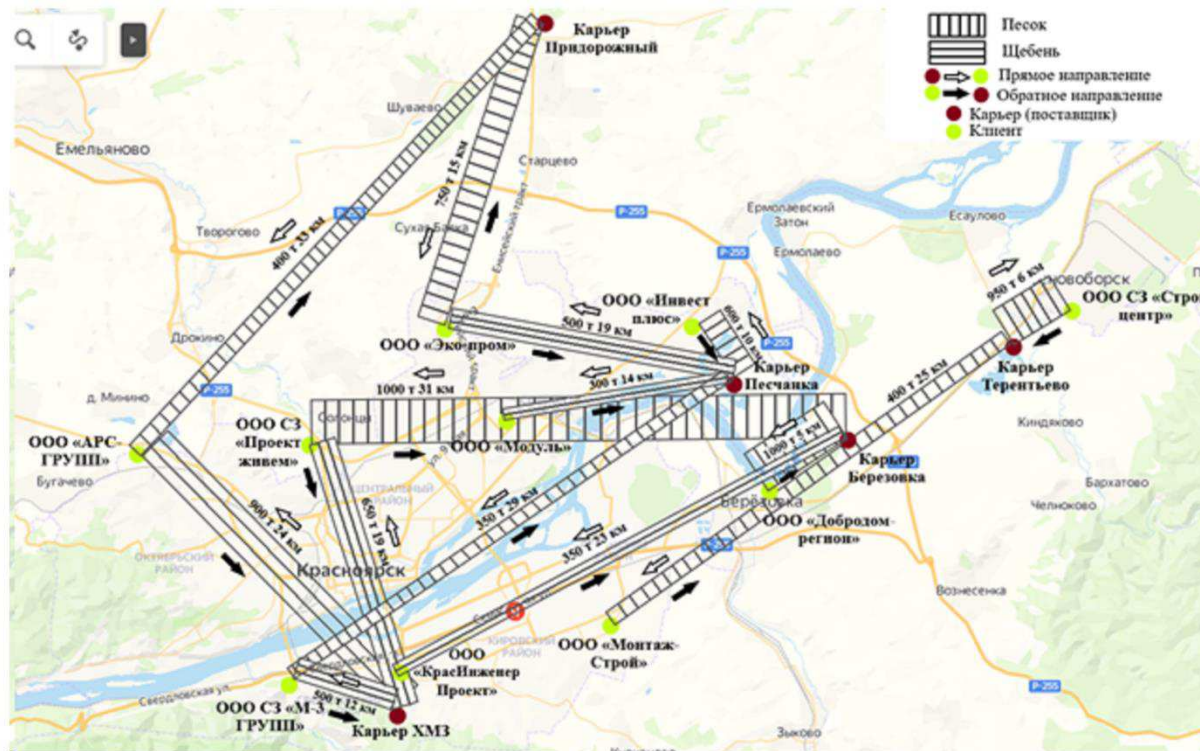


Неравномерность грузопотоков по кварталам



| | | | |
|-------------------------|-------------|--------------------------------|-----------|
| БР 23.03.01 - 071721809 | | | |
| Формат | № докум | Год | Итого |
| Результ | Вариант Т.А | Содержание перевозок грузов | |
| Текст | Формат Е.В | на примере ООО "Автоспецстрой" | |
| Итого | | Лист | Листов 17 |
| Итого | | Клиент "Триггер" / Формат 41 | |

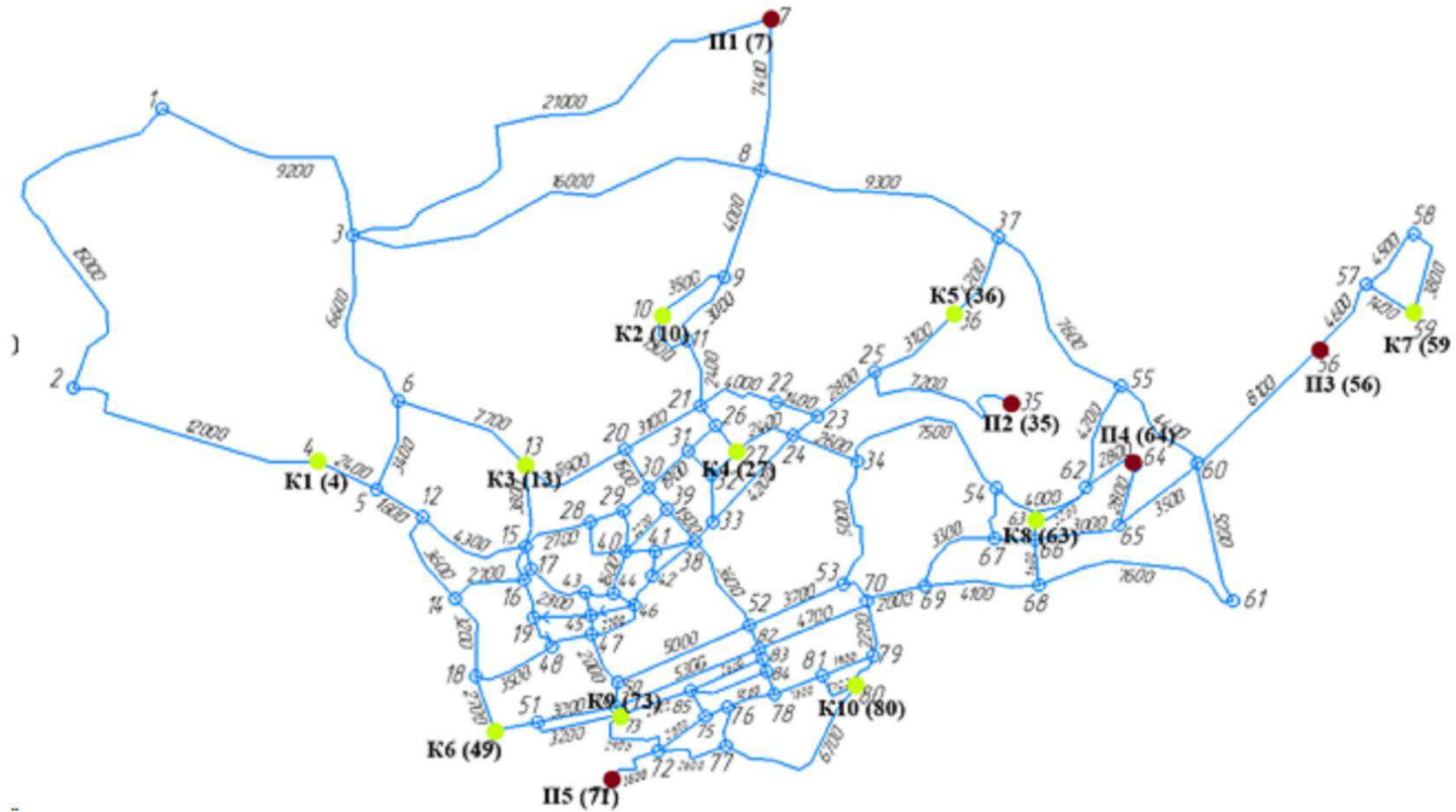
Этюры основных грузовых потоков на карте



Лист 1 из 1
 Дата: 08.07.2023
 Лист 1 из 1
 Дата: 08.07.2023
 Лист 1 из 1
 Дата: 08.07.2023

| | | | | | | |
|-------------------------|---------------------|------|------------|------------|---|---------|
| БР 23.03.01 - 071721809 | | | | Лист | Масштаб | Масштаб |
| Исполнитель | М. В. Киселев | Дата | 08.07.2023 | Содержание | Содержание: Справочник перевозок грузов | |
| Утвердил | В. А. Воронин | Дата | 08.07.2023 | Лист | 11 | |
| Проверил | Ф. И. Ф. | Дата | | Листов | 1 | |
| Клиент | ООО «Автомостстрой» | Дата | | Карьера | «Триаксстрой» | |
| Масштаб | | Дата | | Контур | Формат А3 | |

Размещение грузополучателей (К) и грузоотправителей (П)



Лист 1 из 1
 Состав: И.
 Проверка: И.
 Расчет: И.

| | | | | | | |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------|---------|----------|
| БР 23.03.01 - 071721809 | | | | Лит. | Масштаб | Условный |
| Исполнитель | № докум. | Дата | Изд. | Содержание перевозимого груза | | |
| Исполнитель | Исполнитель | Исполнитель | Исполнитель | на примере ООО "Автострой" | | |
| Исполнитель | Исполнитель | Исполнитель | Исполнитель | Лист | Листов | 1 |
| | | | | Кодировка "Триггер" | | |
| | | | | Формат А1 | | |

План поставок

| Показатели | | Потребители | | | | | | | | | | |
|------------|--------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | | К1 (4) | К2 (10) | К3 (13) | К4 (27) | К5 (36) | К6 (49) | К7 (59) | К8 (63) | К9 (73) | К10 (80) | Сумма |
| Поставщики | П1(7) | [400] 33400 | [750] 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | 1150 |
| | П2(35) | 31030 | [500] 19100 | 24400 | [300] 13230 | [600] 10300 | [350] 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | 1750 |
| | П3(56) | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | [950] 6000 | 15600 | 32030 | [400] 25300 | 1350 |
| | П4(64) | 37100 | 25200 | [1000] 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | [1000] 5000 | [350] 23230 | 16500 | 2350 |
| | П5(71) | [900] 25700 | 24130 | [650] 21780 | 18230 | 26260 | [500] 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | 2050 |
| | Сумма | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

Конечный опорный план возврата порожних автомобилей

| | | К1 (4) | К2 (10) | К3 (13) | К4 (27) | К5 (36) | К6 (49) | К7 (59) | К8 (63) | К9 (73) | К10 (80) | Сумма |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | 24120 | 14900 | 20200 | 6320 | 5820 | 10420 | -12480 | -7980 | 5120 | 3520 | |
| П1(7) | 0 | | 1150 | | | | | | | | | |
| | | 33400 | 14900 | 25800 | 19000 | 20900 | 35550 | 42800 | 30700 | 31030 | 32460 | 1150 |
| | | -9280 | 0 | -5600 | -12680 | -15080 | -25130 | -55280 | -38680 | -25910 | -28940 | |
| П2(35) | 4200 | | 100 | 1650 | | | | | | | | |
| | | 31030 | 19100 | 24400 | 13230 | 10300 | 29130 | 40600 | 25630 | 24610 | 23630 | 1750 |
| | | -2710 | 0 | 0 | -2710 | -280 | -14510 | -48880 | -29410 | -15290 | -15910 | |
| П3(56) | 18480 | | | | | 400 | | 950 | | | | |
| | | 46600 | 36700 | 40400 | 30800 | 24300 | 36700 | 6000 | 15600 | 32030 | 25300 | 1350 |
| | | -4000 | -3320 | -1720 | -6000 | 0 | -7800 | 0 | -5100 | -8430 | -3300 | |
| П4(64) | 12980 | | 450 | | 300 | 200 | | | 1000 | | 400 | |
| | | 37100 | 25200 | 30500 | 19300 | 18800 | 27900 | 20400 | 5000 | 23230 | 16500 | 2350 |
| | | 0 | 2680 | 2680 | 0 | 0 | -4500 | -19900 | 0 | -5130 | 0 | |
| П5(71) | 1580 | | 850 | 0 | | | 850 | | | 350 | | |
| | | 25700 | 24130 | 21780 | 18230 | 26260 | 12000 | 41950 | 22350 | 6700 | 11950 | 2050 |
| | | 0 | -7650 | 0 | -10330 | -18860 | 0 | -52850 | -28750 | 0 | -6850 | |
| Сумма | | 1300 | 1250 | 1650 | 300 | 600 | 850 | 950 | 1000 | 350 | 400 | 8650 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------|--------|------|--------------------|-------------------------------|------|-------|----------|----|--|
| БР 23.03.01 - 071721809 | | | | | | | | | | |
| Имя | Фамилия | И.О.Ф. | Дата | Место | Содержание перевозимых грузов | Дат. | Масса | Мощность | | |
| Клиент | Высота Т.А | | | | на примере ООО "Автопострой" | | | | 11 | |
| Груз | Фирма К.В | | | | | | | | | |
| Клиент | | | | Клиент "Гринстрой" | | | | | | |
| Имя | | | | Фирма | А.1 | | | | | |

Имя Фамилия И.О.Ф. Дата Место Содержание перевозимых грузов Дат. Масса Мощн. Клиент Высота Т.А на примере ООО "Автопострой" Груз Фирма К.В Клиент "Гринстрой" Имя Фирма А.1

Кольцевой маршрут №1

Коэффициент использования пробега 0,6
 Время оборота 7,2 ч
 Количество оборотов за смену 1 оборот
 Коэффициент использования грузоподъемности 0,6
 Объем перевозки за смену 84 т



Схема кольцевого маршрута №1 (П2 - К2 - П1 - К1 - П4- К3 - П2)



Схема кольцевого маршрута №2 (П4 - К9 - П5 - К1 - П4)

Кольцевой маршрут №2

Коэффициент использования пробега 0,6
 Время оборота 4,14 ч
 Количество оборотов за смену 2 оборота
 Коэффициент использования грузоподъемности 0,6
 Объем перевозки за смену 106,4 т

| БР 23.03.01 - 071721809 | | | | | Лист | Масштаб | Масштаб3 |
|-------------------------|---------------|------|--------|--|------|---------|----------|
| Исполнитель | М. Соловьев | Лист | Время | Содержание таблицы перевозок грузов на примере ООО «Автоспецстрой» | 71 | | |
| Проверенный | Алексей Г. С. | Лист | Листов | | | | |
| Генеральный директор | Филипп Г. В. | Лист | Листов | | | | |
| Инженер | | Лист | Листов | Карьера "Грингайт" | | | |
| Механик | | Лист | Листов | Формат А1 | | | |

Кольцевой маршрут №3

Коэффициент использования пробега 0,6
 Время оборота 4,95 ч
 Количество оборотов за смену 2 оборота
 Коэффициент использования грузоподъемности 0,6
 Объем перевозки за смену 134,4 т



Схема кольцевого маршрута №3 (П2 - К4 - П4 - К9 - П5 - К3 - П2)



Схема кольцевого маршрута №4 (П2 - К5 - П4 - К3 - П2)

Кольцевой маршрут №4

Коэффициент использования пробега 0,6
 Время оборота 3,88 ч
 Количество оборотов за смену 2 оборота
 Коэффициент использования грузоподъемности 0,6
 Объем перевозки за смену 112 т

| | | | |
|-------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| БР 23.03.01 - 071721809 | | | |
| Имя | № документа | Дата | Страница |
| Разработчик | Исполнитель | Содержание | 11 |
| Проверенный | Исполнитель | на примере ООО «Автострой» | |
| Исполнитель | Исполнитель | Исполнитель | Исполнитель |
| Исполнитель | Исполнитель | Исполнитель | Исполнитель |

Кольцевой маршрут №5

Коэффициент использования пробега 0,6
Время оборота 6,61 ч
Количество оборотов за смену 1 оборот
Коэффициент использования грузоподъемности 0,6
Объем перевозки за смену 84 т



Схема кольцевого маршрута №5 (П2 - К5 - ПЗ - К10 - П4 - КЗ - П2)

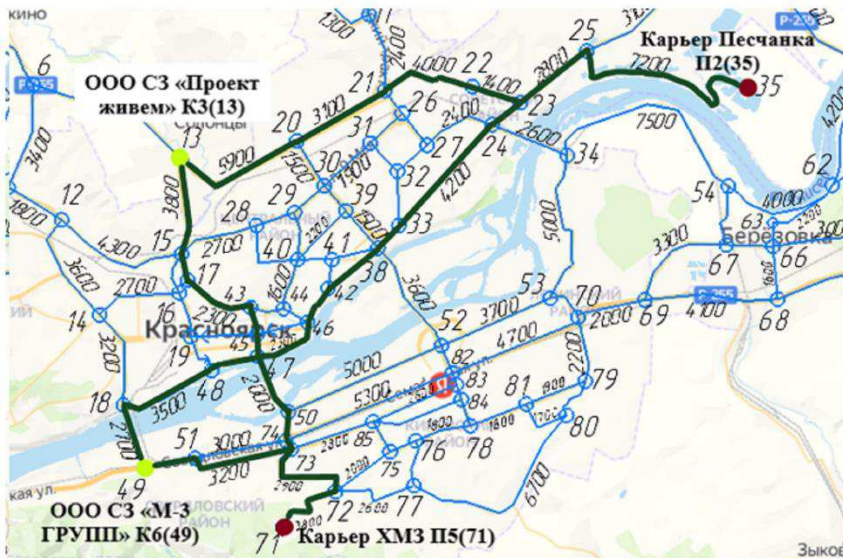


Схема кольцевого маршрута №6 (П2 - К6 - П5 - КЗ - П2)

Кольцевой маршрут №6

Коэффициент использования пробега 0,7
Время оборота 3,88 ч
Количество оборотов за смену 2 оборота
Коэффициент использования грузоподъемности 0,7
Объем перевозки за смену 112 т

| БР 23.03.01 - 071721809 | | | | Содержание: перевозок грузов на примере ООО "Автострой" | | |
|------------------------------|----------|------|---------|---|-------|---------|
| № п/п | № докум. | Дата | Исполн. | Дом | Масса | Указано |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| Исполнитель: ООО "Автострой" | | | | Клиент: "Трансстрой" | | |
| Категория: 1 | | | | Формат: А1 | | |

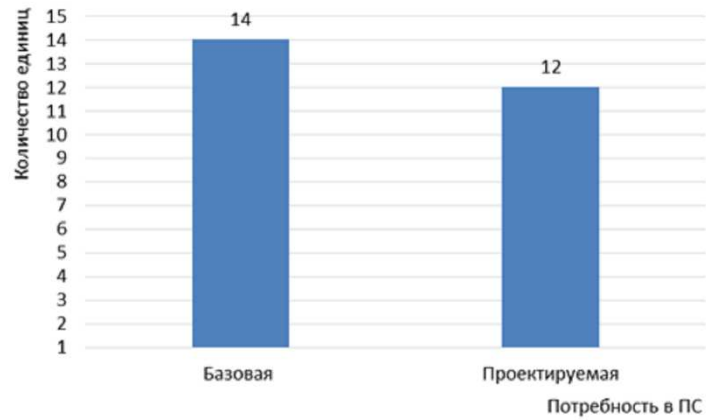


Диаграмма потребности в подвижном составе

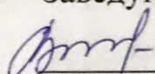
| Название программы | Стоимость, тыс. руб | Автоматическое формирование маршрутов | Формирование аналитических отчетов | Система слежения за ТС |
|--|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| IC TMS Логистика. Управление перевозками | 62 | + | + | + |
| Мегалогист | 84 | + | + | + |
| ABM Rinkai TMS | 60 | + | + | + |
| TopLogistic | 73 | + | + | - |

Характеристика программного обеспечения

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
кафедра «Транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.С. Воеводин

«15» 06 2021 г.

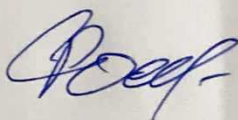
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.01 – Технология транспортных процессов

Совершенствование перевозок грузов на примере ООО «Автоспецстрой»

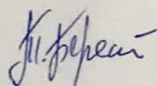
Пояснительная записка

Руководитель



канд. техн. наук, доцент Е.В. Фомин

Выпускник



Т.А. Берест

Красноярск 2021