

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет транспорта (МИИТ)»  
РУТ (МИИТ)

На правах рукописи

**МОСКВИЧЕВ ОЛЕГ ВАЛЕРЬЕВИЧ**

**МЕТОДОЛОГИЯ  
ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
КОНТЕЙНЕРНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ  
НА ОСНОВЕ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТИ**

Специальность: 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические  
системы страны, её регионов и городов, организация производства  
на транспорте

Диссертация  
на соискание учёной степени  
доктора технических наук

Научный консультант:  
доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки и техники  
**Резер Семён Моисеевич**

Москва – 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>7</b>
<b>1 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕРАБОТКИ КОНТЕЙНЕРОВ НА ТРАНСПОРТЕ.....</b>	<b>20</b>
1.1 Научно-методический базис развития контейнерных перевозок в отечественной транспортной науке.....	20
1.2 Состояние методического базиса технического и технологического развития контейнерных перевозок в РФ.....	21
1.3 Обобщение передового зарубежного опыта развития контейнерной транспортной системы.....	27
1.4 Анализ новых факторов грузовой транспортной системы, определяющих изменения в системе контейнерных перевозок.....	45
1.4.1 Движущие причины контейнеризации мировой транспортной системы.....	45
1.4.2 Анализ технических и технологических проблем инфраструктуры контейнерных перевозок .....	50
1.4.3 Развитие организации технологии контейнерных поездов .....	57
<b>1.5 Выводы по главе .....</b>	<b>66</b>
<b>2 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНТЕЙНЕРНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИНЦИПАХ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТИ..</b>	<b>70</b>
2.1 Основные направления деятельности по развитию контейнерно-транспортной системы в РФ .....	70
2.2 Разработка концептуальной модели формирования терминально-логистической инфраструктуры для целей долгосрочного планирования национальной контейнерно-транспортной системы .....	76
2.2.1 Общие положения.....	76

2.2.2	Разработка концептуальной модели формирования терминально-логистической инфраструктуры контейнерно-транспортной системы в условиях массового внедрения технологии контейнерных поездов .....	80
2.3	Системный подход к техническому и технологическому обеспечению двухуровневой модели организации функционирования инфраструктуры контейнерно-транспортной системы.....	87
2.4	Анализ существующих математических моделей и методов оптимизации размещения терминально-логистических объектов .....	93
2.5	Постановка задачи размещения терминально-логистических объектов на основе метода кластерного анализа .....	110
2.5.1	Задача размещения контейнерных терминалов относительно центров производства и потребления контейнеропригодной продукции .....	114
2.5.2	Задача создания и оптимального размещения контейнерных накопительно-распределительных центров .....	115
<b>2.6</b>	<b>Выводы по главе .....</b>	<b>118</b>
<b>3</b>	<b>МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КОНТЕЙНЕРНОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА .....</b>	<b>122</b>
3.1	Понятие «уровень контейнеризации грузов» и «уровень контейнерной привлекательности региона».....	122
3.2	Математическая модель оценки уровня контейнеропригодности добываемой и производимой продукции региона .....	126
3.3	Методика определения уровня контейнерной привлекательности региона.....	137
<b>3.4</b>	<b>Выводы по главе .....</b>	<b>139</b>
<b>4</b>	<b>МЕТОДЫ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕРМИНАЛЬНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ КОНТЕЙНЕРНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ .....</b>	<b>142</b>
4.1	Анализ возможностей и обоснование корректности использования методов кластерного анализа для разработки методологии размещения терминально-логистических объектов транспортной сети .....	144

4.2	Связь функционалов качества кластеризации с экономическими критериями в задаче выбора местоположения терминально-логистических объектов.....	155
4.3	Решение экстремальной задачи о «центре», сумма расстояний от которого до $k$ точек плоскости минимально .....	158
4.4	Обоснование метода кластеризации $k$ -средних ( $k$ -means) для решения задач выбора месторасположения терминально-логистических объектов...	162
4.5	Практические методы кластерного анализа для решения задач оптимального размещения терминально-логистических объектов.....	165
4.6	Метод $k$ -средних ( $k$ -means).....	166
4.6.1	Математическое описание алгоритма метода $k$ -средних и его модификации .....	169
<b>4.7</b>	<b>Выводы по главе .....</b>	<b>173</b>
<b>5</b>	<b>МЕТОДОЛОГИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕРМИНАЛЬНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НОВЫХ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ.....</b>	<b>174</b>
5.1	Разработка метода кластеризации с возможностью проекции центров кластеров на сеть железных дорог ( $k$ -means pro).....	177
5.2	Исследование свойств различных методов кластеризации на основе интерактивной программы анализа.....	182
5.3	Решение задачи оптимизации мест расположения контейнерных терминалов на основе различных модификаций метода кластеризации $k$ -means pro .....	185
5.4	Математическая модель определения мест расположения контейнерных терминалов.....	196
5.4.1	Математическая модель кластеризации при заранее заданной части множества контейнерных терминалов.....	196
5.4.2	Математическая модель кластеризации, когда число кластеров не задано.....	197



5.5	Определение оптимальных мест расположения контейнерных накопительно-распределительных центров с использованием методов кластеризации .....	201
5.5.1	Математическая модель оптимизации мест расположения контейнерных накопительно-распределительных центров .....	201
5.5.2	Многокритериальный подход к выбору мест расположения контейнерных накопительно-распределительных центров.....	203
5.5.3	Получение сети КНРЦ как единый процесс кластеризации с учетом дополнительных критериев станций - кандидатов.....	208
5.6	Задача определения оптимального количества и мест размещения контейнерных накопительно-распределительных центров как структуры второго уровня контейнерно-транспортной системы .....	211
5.7	Анализ результатов расчета оптимальных мест расположения контейнерных накопительно-распределительных центров.....	220
5.8	Экономико-математическая модель комплексной оптимизации двухуровневой контейнерно-транспортной системы.....	224
5.9	Выбор оптимального количества терминально-логистических объектов при наличии ограничений .....	226
5.10	Методика решения оптимизационных задач создания единой структуры контейнерно-транспортной системы.....	228
<b>5.11</b>	<b>Выводы по главе .....</b>	<b>230</b>
<b>6</b>	<b>ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНТЕЙНЕРНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННЫХ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ.....</b>	<b>232</b>
6.1	Методика эскизного проектирования двухуровневой терминально-логистической инфраструктуры контейнерно-транспортной системы.....	232
6.2	Разработка программного средства расчета оптимальной двухуровневой структуры контейнерно-транспортной системы.....	235
6.3	Описание исходных данных для апробации разработанной методологии на примере Приволжского федерального округа .....	240

6.4 Анализ результатов решения задачи определения оптимального количества и мест размещения контейнерных терминалов и контейнерных накопительно-распределительных центров на основе алгоритмов кластеризации и оценка их экономической эффективности .....	249
<b>6.5 Выводы по главе .....</b>	<b>264</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>267</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>270</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. Статистические данные и результаты расчета объёмов контейнеропригодной продукции предприятий ПФО .....</b>	<b>299</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Список железнодорожных станций с географическими координатами и оценкой основных критериев .....</b>	<b>371</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В. Список железнодорожных станций, открытых по параграфу тарифного руководства для работы с КТК.....</b>	<b>377</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Результаты кластеризации КТС по 1-му варианту .....</b>	<b>380</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ .....</b>	<b>386</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Результаты кластеризации КТС по 2-му варианту .....</b>	<b>387</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ .....</b>	<b>394</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ И. Результаты кластеризации КТС по 3-му варианту .....</b>	<b>395</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ К. Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ .....</b>	<b>402</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Л. Результаты кластеризации КТС по 4-му варианту .....</b>	<b>403</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ М. Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ .....</b>	<b>409</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы экономика страны демонстрирует постоянный рост, становится более сложной и структурированной. Растут объёмы внутреннего производства, а не только объёмы ввозимого в страну импорта. Вектор экономического развития направлен в сторону наукоёмких технологий, внедрения современных методов производства и управления, которые характеризуются высокими требованиями в области эффективности использования человеческих и производственных ресурсов.

При этом ключевым условием экономического роста, повышения конкурентоспособности национальной экономики и качества жизни населения является обеспечение эффективности и надёжности транспортной системы. Благодаря географическим особенностям России роль транспорта является приоритетной в развитии конкурентных преимуществ страны с точки зрения реализации её транзитного потенциала. Геополитическое и геоэкономическое положение страны зависит от параметров функционирования и развития транспортной системы – схемы транспортных сетей, направлений и объёмов основных грузопотоков, соотношения транзита и внутрироссийских перевозок, структуры перевозимых грузов. Развитие в настоящее время экономической среды требует значительной перестройки работы транспортной отрасли. Поэтому важнейшим стратегическим направлением модернизации транспортной системы является сбалансированное развитие инфраструктуры транспорта. Кроме того, эффективный транспортно-логистический сервис является одним из способов повышения конкурентоспособности транспортной отрасли страны и способствует её успешной интеграции в мировую транспортную систему. Решение о выборе каналов товародвижения, а также технологий транспортировки грузов – наиболее сложные вопросы, с которыми приходится иметь дело при доставке товаров. Актуальность транспортных проблем подтверждается тем, что до

50 % всех затрат на организацию логистического сервиса связано с транспортными издержками, минимизация которых позволит создать эффективную систему транспортной логистики на территории Российской Федерации.

В условиях увеличения товарооборота с высокой удельной стоимостью наблюдается тенденция к ужесточению требований к качеству и надежности предоставляемых транспортных услуг, в том числе к сокращению и соблюдению сроков доставки, обеспечению сохранности перевозимых грузов, полноте и доступности транспортных услуг, снижению транспортных издержек. В связи с этим, в современных макроэкономических условиях одним из ключевых подходов в развитии транспортной системы должна стать «клиентоориентированность» - ориентация технологических процессов на потребителя транспортных услуг, закрепление за ними клиентоориентированных показателей.

В свою очередь, одной из важнейших доминант создания инновационной, конкурентной и интегрированной транспортной системы является развитие перевозок грузов в контейнерах.

Контейнерные перевозки получили своё развитие в глобальной транспортной системе благодаря возможности унифицировать процесс доставки грузов, обеспечить чёткое взаимодействие различных видов транспорта и объектов терминально-логистической инфраструктуры. Они значительно сокращают общие транспортные издержки, которые входят в себестоимость продукции. На сегодняшний день более 70 % международных перевозок тарно-штучных грузов – это перевозки в контейнерах.

Степень контейнеризации грузов в России в настоящее время значительно ниже, чем в мировой практике. Причины этого носят как субъективный, так и объективный характер. Российская экономика сосредоточена в основном на поставке на мировой рынок сырьевой продукции, в то время как экспорт готовой продукции, которая подлежит контейнеризации, составляет небольшую часть. Контейнеры поступают на

российский рынок в основном с импортными грузами. В этом сегменте перевозок уровень контейнеризации составляет 31 %. Российский рынок железнодорожных контейнерных перевозок составляет только 6,9 % от общего объёма грузоперевозок.

В Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года отмечается [205], что для дальнейшего развития контейнеризации перевозок грузов по железнодорожной сети необходимо обеспечить:

- развитие географии маршрутных контейнерных перевозок;
- увеличение количества специализированных терминалов и логистических центров;
- развитие технологии организации перевозок в ускоренных контейнерных поездах;
- переход на качественно новый уровень развития инфраструктуры (от контейнерных площадок к современным высокотехнологичным контейнерным терминалам);
- повышение степени контейнеризации грузоперевозок;
- увеличение номенклатуры грузов, перевозимых в контейнерах, в том числе за счет расширения использования специализированных контейнеров, таких как танк-контейнеры, рефконтейнеры и др.
- развитие транзитных перевозок по международным транспортным коридорам, проходящим через территорию РФ;
- формирование и развитие эффективной сбалансированной терминально-складской сети на всей территории России путем создания грузоперерабатывающих терминалов, мультимодальных терминальных кластеров многоцелевого назначения, представляющих широкий спектр складских, таможенных и сопровождающих услуг;
- внедрение современных логистических технологий управления перевозочным процессом;
- совершенствование технологии взаимодействия железных дорог с водным, автомобильным и другими видами транспорта;

- привлечение инвестиций в развитие терминально-складского комплекса;
- оптимизация использования терминально-складских мощностей.

Кроме того, для детализированного рассмотрения развития комбинированных перевозок, повышения уровня контейнеризации и необходимости развития инфраструктуры, был принят ряд документов [133], а именно «Концепция комплексного развития контейнерного бизнеса в холдинге ОАО «РЖД» [81] и «Концепция создания терминально-логистических центров на территории Российской Федерации» [82].

Согласно Указу Президента РФ №204 от 07.05.2018 г., в части национальной цели вхождения России в число пяти крупнейших экономик мира, в качестве одних из важнейших государственных задач были поставлены такие, как сокращение времени перевозки грузов в контейнерах и увеличение объёма транзитных перевозок контейнеров железнодорожным транспортом; формирование узловых грузовых мультимодальных транспортно-логистических центров. Важность реализации этих задач обуславливается тем, что позволит сформировать единое технологическое и информационное пространство для выгодного экспорта транспортных услуг и комплексного удовлетворения требований их потребителей.

Таким образом, необходимо научно обосновать пути решения поставленных задач в области развития контейнерных перевозок.

В то же время, повышение конкуренции на рынке транспортных услуг, появление новых логистических схем доставки грузов повышают требования к рынку контейнерных перевозок. При организации перевозки контейнеров по сети железных дорог существует целый ряд проблем.

Существенный недостаток технологии организации контейнерных перевозок железнодорожным транспортом - длительные простои вагонов с контейнерами под различными технологическими операциями и в ожидании их на контейнерных терминалах. Актуальность данной проблемы

подтверждается тем, что до 70 % всех затрат времени на доставку контейнерные грузы находятся на терминалах.

Одним из направлений, связанным с повышением эффективности организации контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте, стало внедрение новых высокотехнологичных транспортных продуктов, таких как контейнерные поезда. Однако, данные технологии в современных условиях не всегда возможно реализовать, что связано с недостаточным уровнем развития технического оснащения и технологии работы инфраструктуры контейнерно-транспортной системы (КТС) [137].

В последние десятилетия укрепились формы межотраслевой и межрегиональной кооперации, изменилась конфигурация производственных цепочек. Это привело к расширению ассортимента выпускаемой продукции, переориентации рынков сбыта и территориальному перераспределению производств. А сами изменения в итоге повлияли на загрузку терминальных объектов, многие из которых остались невостребованными или же не способными консолидировать существующие объёмы контейнеропригодной продукции для организации их продвижения в контейнерных поездах [137].

Складывается ситуация, когда современные перспективные технологии пытаются реализовать на инфраструктуре, построенной ещё в 70-е годы прошлого столетия и предназначенной для решения совершенно иных задач. Новый этап глобализации и тенденции на межстрановые объединения свободной торговли предполагают изменение географии и структуры товарных и транспортных потоков, что, в свою очередь, требует пересмотра в структурном и территориальном отношении существующей КТС [137].

Рост объёма перевозок грузов в контейнерах сдерживается неразвитостью инфраструктуры и дефицитом специализированных терминалов. И хотя, в последние годы шло активное строительство логистических и распределительных центров, терминальных комплексов, но вместе с тем оказалось, что крупные инфраструктурные проекты не сбалансированы должным образом с развитием центров промышленного

производства, локализацией потребительского спроса, не поддерживаны деловой активностью, товарными и людскими потоками, которые должны обеспечить загрузку и эффективное использование объектов терминальной инфраструктуры [135].

Это подтверждает важность и актуальность разработки теоретических и методологических основ организации функционирования КТС в соответствии с современными задачами, требованиями и перспективными транспортными технологиями.

**Цель исследования** состоит в разработке методологии организации функционирования контейнерно-транспортной системы на основе клиентоориентированного подхода и оптимизации размещения терминально-логистических объектов с использованием методов кластерного анализа.

**Объектом исследования** является контейнерно-транспортная система.

**Предметом исследования** является теория и методология организации функционирования контейнерно-транспортной системы.

Диссертационное исследование соответствует п.1 и п. 4 паспорта специальности 05.22.01 – «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте».

**Реализация целей исследования включает решение следующих задач:**

1. Исследование научного, методического и практического опыта организации функционирования отечественной контейнерно-транспортной системы, а также зарубежного опыта организации интермодальных перевозок на современном этапе.

2. Выявление и анализ недостатков отечественной контейнерно-транспортной системы, а также технических и технологических проблем инфраструктуры контейнерных перевозок.

3. Разработка теоретико-методологических основ формирования и организации функционирования контейнерно-транспортной системы на



основе клиентоориентированного подхода в условиях массового внедрения технологии контейнерных поездов.

4. Разработка методики и математической модели определения уровней контейнерной привлекательности региона, а также контейнеропригодности производимой и добываемой продукции.

5. Систематизация и анализ существующих методов и математических моделей оптимизации размещения терминально-логистических объектов транспортной системы, выбор и обоснование корректности предлагаемых подходов и методов.

6. Разработка математических методов и моделей определения количества терминально-логистических объектов с обоснованием их мощности и оптимального места расположения относительно центров производства и потребления контейнеропригодной продукции, с учетом минимизации инвестиций и затрат на перевозку грузов, реализующих принципы клиентоориентированности, с целью долгосрочного развития контейнерно-транспортной системы страны.

7. Получение количественных зависимостей основных показателей эффективности перевозок при оптимальном местоположении терминально-логистических объектов от их количества и установление потенциальных возможностей оптимизации сети.

8. Определение эффективности внедрения разработанного комплекса моделей и методов при оптимизации функционирования терминально-логистической инфраструктуры на примере Приволжского федерального округа.

**Научная новизна** исследования состоит в следующем:

1. Разработаны теоретико-методологические основы формирования и организации функционирования контейнерно-транспортной системы в условиях массового внедрения технологии контейнерных поездов с учётом особенностей промышленности РФ, структуры и мощности контейнеропотоков, базирующиеся на математических моделях,

описывающих характеристики и местоположения производств, существующую топологию железных дорог, оптимального размещения терминально-логистической инфраструктуры и определения мощности её объектов.

2. Предложены клиентоориентированные принципы и концептуальная модель организации функционирования терминально-логистической инфраструктуры контейнерных перевозок как двухуровневой системы, обеспечивающей концентрацию объёмов контейнеропригодной продукции, необходимой для массового внедрения технологии контейнерных поездов, а также повышение эффективности доставки грузов в контейнерах с участием железнодорожного транспорта.

3. Разработан метод определения уровня контейнерной привлекательности региона, базирующийся на многокритериальном подходе определения уровня контейнеропригодности добываемой и/или производимой продукции; экспертных оценках уровня развития транспортного рынка региона и состояния региональной транспортной инфраструктуры, а также уровня экономического развития региона.

4. Разработан и математически обоснован метод кластеризации «с проекцией», позволяющий при заданном множестве получать оптимальные кластеры с центрами, расположенными на сети железных дорог, и обеспечивающий минимизацию затрат на перевозку грузов.

5. Разработан комплекс математических моделей оптимизации выбора мест расположения и количества контейнерных терминалов (КТ) на первом уровне и контейнерных накопительно-распределительных центров (КНРЦ) на втором уровне двухуровневой модели терминально-логистической инфраструктуры контейнерно-транспортной системы, позволяющие с учётом заданного или произвольного количества кластеров на основе известных и развитых методов кластеризации получить места расположения КТ и КНРЦ из условия наименьших затрат на перевозку и создания терминально-логистической инфраструктуры.

6. Разработана методика многокритериального выбора оптимального варианта сети КНРЦ, позволяющая с применением методов векторной оптимизации, практически определить оптимальные места создания КНРЦ при известных инвестиционных затратах, а также количественно оценить оптимальное количество создаваемых КНРЦ при неизвестных инвестиционных затратах.

7. Разработаны алгоритм моделирования двухуровневой терминально-логистической инфраструктуры КТС и практический инструментарий, позволяющие реализовать предложенные модели и методы при различных критериях оптимизации и получать как табличные цифровые данные для эскизного проектирования, так и графическое изображение месторасположения спроектированных объектов на карте территории.

**Теоретическая значимость** результатов диссертационной работы заключается в разработке теоретических положений, методологических подходов и методических рекомендаций по организации и функционированию контейнерно-транспортной системы. Обоснован новый подход к размещению терминально-логистических объектов на основе клиентоориентированной системы организации перевозок грузов и комплексного использования известных и развитых методов кластерного анализа. Получены количественные зависимости оптимальных показателей затрат от количества терминально-логистических объектов, дающих основу для формирования контейнерно-транспортной системы.

**Практическая ценность полученных результатов.** Предложенные методы, модели, методики и практический инструментарий могут быть использованы при разработке стратегий развития транспортного комплекса как на региональном, так и на федеральном уровнях, в инженерно-технических, технологических решениях, связанных с модернизацией контейнерно-транспортной системы страны, внедрением передовых логистических технологий в перевозочный процесс и размещением объектов терминально-логистической инфраструктуры.

Реализация предложенной методологии позволяет перейти к научно обоснованному принятию решений в инвестиционных проектах, связанных с развитием транспортно-логистической инфраструктуры, повысить качество транспортно-логистического сервиса грузовладельцев, организовать согласованный подвоз грузов к терминально-логистической инфраструктуре, улучшить использование подвижного состава, сократить расходы на доставку грузов в контейнерах, тем самым повысить привлекательность контейнерных перевозок на транспорте.

**Методы исследования.** В диссертационном исследовании применялись методы системного анализа, транспортной логистики, теория управления транспортными потоками, математической статистики, методы современной теории принятия оптимальных решений, методы кластерного анализа, а также программные системы общего и специального назначения SPSS –Statistics 17.0, WEKA, Orange Data Mining.

**На защиту выносятся:**

1. Теоретико-методологические основы формирования и организации функционирования контейнерно-транспортной системы в условиях массового внедрения технологии контейнерных поездов.
2. Концептуальная модель организации функционирования терминально-логистической инфраструктуры контейнерных перевозок как двухуровневой системы на основе принципов клиентоориентированности.
3. Метод определения уровня контейнерной привлекательности региона, базирующийся на многокритериальном подходе определения уровня контейнеропригодности добываемой или производимой продукции.
4. Методология определения оптимального месторасположения и количества терминально-логистических объектов двухуровневой контейнерно-транспортной системы на основе комплекса экономико-математических моделей, реализующих известные и развитые методы кластерного анализа.

5. Методика многокритериального выбора оптимального варианта сети КНРЦ, основанная на методах векторной оптимизации.

6. Практический инструментарий реализации проектирования оптимальной структуры контейнерно-транспортной системы на основе существующих и созданных программно-научных комплексов, включающих модули кластеризации.

**Достоверность и обоснованность научных положений и выводов** диссертации заключаются:

- в части теории положения основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин;

- в части достоверности экспериментальной части исследования подтверждается использованием в качестве исходной информации данных Федеральной службы государственной статистики (РОССТАТ) и справочных материалов по субъектам РФ, опубликованных на официальных сайтах этих субъектов, а также многократными экспериментами;

- корректностью применения апробированного математического аппарата и современных программных систем;

- установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным.

**Реализация результатов работы.** Результаты диссертационного исследования были использованы:

- Куйбышевским территориальным центром фирменного транспортного обслуживания для проведения прогнозных расчетов по объёму производства контейнеропригодной продукции по субъектам Приволжского федерального округа, оценки необходимости развития терминально-логистической инфраструктуры в регионах своего присутствия и перспектив организации ускоренных контейнерных поездов;

- филиалом ПАО «ТрансКонтейнер» на Куйбышевской железной дороге при выборе терминала «кандидата» для формирования контейнерного поезда

назначением Кинель - Владивосток, что позволило повысить качество транспортного обслуживания грузовладельцев, организовать согласованный подвод грузов к терминально-логистической инфраструктуре, улучшить использование подвижного состава, сократить расходы на доставку грузов в контейнерах.

Методика определения уровня контейнерной привлекательности региона и предложенные экономико-математические модели, реализующие методы кластерного анализа и принципы клиентоориентированности, были использованы транспортной компанией ООО «АМТЭК» при организации контейнерных поездов на направлении Чисуму (КНР) – Екатеринбург-Товарный (РФ) и Чисуму (КНР) – Ворсино (РФ).

Отдельные положения диссертации вошли в учебный процесс факультета «Эксплуатация железных дорог» ФГБОУВО «Самарский государственный университет путей сообщения» и были использованы для подготовки двух учебных пособий и монографии.

**Апробация работы.** Результаты исследований, составляющих основное содержание работы, докладывались и обсуждались на региональных научно-практических конференциях: «Новейшие достижения науки и техники на железнодорожном транспорте» (г. Челябинск, Южно-Уральская железная дорога, 2004 г.); «Актуальные проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта» (г. Самара, Куйбышевская железная дорога, 2004 г.); на всероссийских научно-практических конференциях: «Транспорт – 2007» (Ростов – на – Дону, 2007 г.); «Актуальные проблемы развития транспортного комплекса» (г. Самара, 2009 г.); на международных научно-практических конференциях: «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта» (г. Самара, 2006 г.); «Актуальные проблемы развития транспортного комплекса» (г. Самара, 2008 г., 2010 г.); «Наука и образование транспорту» (г. Самара, 2009 г., 2017 г.); «Мобильность транспортных систем» (г. Прага, 2011 г.); «Безопасность движения поездов» (г. Москва, 2013 г.); «Политранспортные системы» (г. Новосибирск, 2014 г.);

«Совершенствование технологии перевозочного процесса» (г. Новосибирск, 2015 г.); «Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017)» Самарский научный центр РАН (г. Самара, 2017 г.); международных научно-практических конференциях по проблемам организации контейнерных и контрейлерных перевозок (г. Москва, 2009 - 2018 гг.); «Транспорт и логистика» (Ростов – на – Дону, 2019 г.); первом заседании Комиссии при Президенте РФ по вопросам модернизации и технологического развития экономики России, протокол № СА-4/6035 от 10.06.2009г., (г. Москва); заседании секции «Государственной политики в области железнодорожного транспорта» научно-технического совета Минтранса РФ, протокол № 2 от 12.03.2010г. (г. Москва).

**Публикации.** Основные результаты исследования отражены в 42 опубликованных научных работах, из которых 21 издание входит в список реферируемых изданий ВАК РФ по специальности, 2 являются ведущими иностранными изданиями по транспортной тематике, 1 монография. Общее число публикаций автора по теме диссертации и транспортной тематике насчитывает 82 работы, из них 9 патентов на изобретения и авторских свидетельств, а также 3 учебных пособия, допущенных УМО по образованию в области железнодорожного транспорта и транспортного строительства.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы. Текст исследования изложен на 415 страницах, включая 11 приложений, содержит 61 рисунок и 26 таблиц. Список литературы состоит из 265 наименований.

# 1 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕРАБОТКИ КОНТЕЙНЕРОВ НА ТРАНСПОРТЕ

## 1.1 Научно-методический базис развития контейнерных перевозок в отечественной транспортной науке

Основа отечественной транспортной науки в части организации переработки контейнеров и развития КТС на железнодорожном транспорте была заложена трудами Абрамова А. П., Дерибаса А. Т., Когана Л. А., Козлова Ю. Т., Католиченко В. А., Ситника М. Д., Трихункова М. Ф., Шкурина В. А.

Значительный вклад в решение основных проблем развития транспортной системы страны, повышение её конкурентоспособности, создание и формирование современных методов организации и управления перевозками, развитие транспортной логистики внесли работы Александрова А. Э., Батурина А. П., Багиновой В. В., Белова И. В., Бородина А. Ф., Гагарского Э. А., Галабурды В. Г., Герами В. Д., Козлова П. А., Куренкова П. В., Лapidуса Б. М., Лёвина Б. А., Лукинського В. С., Мамаева Э. А., Милославской С. В., Миротина Л. Б., Николашина В. М., Осьминина А. Т., Пазойского Ю. О., Персианова В. А., Правдина Н. В., Рахмангулова А. Н., Резера С. М., Сая В. М., Сергеева В. И., Смехова А. А., Сотникова И. Б., Терешинной Н. П., Уварова С. А., Шарова В. А. и других.

В тоже время, в последние годы появились изменения в работе железнодорожного транспорта России, связанные с проводимой реформой и коррелирующие со Стратегией развития железнодорожного транспорта до 2030 года. Новые подходы в сфере контейнерных перевозок неминуемо влияют на её методологию работы. Вместе с объективными изменениями основ контейнерного бизнеса РФ, важно отметить изменяющиеся тенденции на рынке грузоперевозок в части изменений направления, мощности и структуры контейнеризируемых грузов.



## 1.2 Состояние методического базиса технического и технологического развития контейнерных перевозок в РФ

Многообразие и сложность данной проблемы отражает факт наличия весьма многочисленного количества публикаций, посвященных сфере развития контейнерных перевозок. В соответствии с её направлениями, проанализированные публикации можно укрупнено разделить на несколько категорий [192].

Значительное число работ посвящено вопросу рационального размещения контейнерных терминалов [32], [35], [60], [61], [83], [89], [110], [123], [124], [182], [183], [187], [209], [210], [211], [212], хотя, комплексных решений до настоящего времени не получено. Наиболее распространенными при выборе мест размещения терминальных объектов считаются методы теории графов и сетей, экспертных оценок, транспортной задачи, итеративный метод направленного перебора (основанный на счетных возможностях ЭВМ), «относительного размещения производственных объектов» (метод CRAFT, США), согласно которому целевым критерием оптимального плана размещения объектов является минимизация транспортных расходов.

Представляет интерес выполненная ещё в 50-е годы работа ЦНИИ «Проект размещения на сети контейнерных пунктов», посвящённая вопросу размещения контейнерных пунктов на сети железных дорог СССР [123]. В работе впервые была предложена методическая систематизация практики открытия новых контейнерных пунктов на сети железных дорог. В методике перечисляются факторы, непосредственно влияющие в техническом и экономическом отношениях на выбор мест размещения контейнерных пунктов. Однако в исследовании не учитывается характер и степень влияния каждого фактора на решение поставленной задачи.

В целях необходимости усиления теоретических разработок таких вопросов, как установление рациональных сфер применения различных

способов перевозки генеральных грузов, определение условий целесообразности размещения контейнерных пунктов на грузовых дворах станций и путях необщего пользования Трихунковым М.Ф. в 1962 году была выполнена работа на тему «Исследование вопросов размещения контейнерных пунктов на сети железных дорог» [209]. В этой работе была предложена методика размещения грузовых контейнерных пунктов, учитывающая их существующее размещение, а также основанная на обобщении и критической оценке, имеющих в этой области разработок, и тенденциях дальнейшего развития, расширения сферы и совершенствования перевозок грузов в контейнерах на железнодорожном транспорте СССР.

В современных макроэкономических условиях особое значение придаётся повышению эффективности транспортной логистики. Достижение данной цели заставило по-новому взглянуть на роль и место контейнерных терминалов в мировой транспортно-распределительной системе. Среди ведущих учёных в данной области следует отметить работы Лукинского В.С. [104], [105], [119], Миротина Л.Б. [102], [116], Резера С.М. [189], [190] и других.

Также в последние годы особое внимание уделяется вопросам создания терминально-логистической инфраструктуры различного уровня.

Прокофьева Т.А. в своей работе «Методологические основы формирования оценки эффективности региональных транспортно-распределительных систем» [182] разработала концептуальную схему размещения на территории России опорной сети мультимодальных логистических транспортно-распределительных центров (МЛ ТРЦ) федерального уровня, регионального и территориального рангов. Терминальные комплексы и МЛ ТРЦ рассматриваются в работе как основные системообразующие элементы в транспортных узлах, расположенные в зоне тяготения к национальным и международным транспортным коридорам и обеспечивающие скоординированное взаимодействие всех участников региональной транспортно-распределительной системы.

Необходимо отметить, что отечественные исследователи не ограничиваются рамками условий нашей страны и разрабатывают вопросы развития сети международных транспортных коридоров, основанной на формировании маршрутов интермодальных перевозок континентального значения.

Так, например, необходимость интеграции России в мировую транспортную систему, обеспечения надёжных транспортных связей и сложности реализации этой задачи изучены в работах Лёвина Б.А. [98], Мамаева Э.А. [109], Паршиной Р.Н. [159], [160] и ряда других.

Отечественной школой транспортной науки в создании и формировании методов моделирования перевозочных процессов были достигнуты крупные достижения. Особое значение получили работы таких ученых, как Быкадорова А.В., Негрея В.Я., Смехова А.А., Сотникова И.Б., Тулупова Л.П., Шабалина Н.Н. и других.

Значительный вклад в становление контейнерно-транспортной системы и организацию её работы внесён отечественными специалистами Гриневичем Г.П., Дерibasом А.Т. [34], [35], Калтахчяном А.Т. [56], Коганом Л.А. [66], [67], [204], Матюшином Л.Н. [112], [113].

Вопросы технического и технологического моделирования терминально-складской инфраструктуры, в том числе специализированных контейнерных терминалов, наиболее полно освещены в трудах Абрамова А.А. [1], [2], Дыбской В.В. [36], Маликова О.Б. [106], [107], Николашина В.М. [103], [154] и других.

Важнейшей задачей технологического моделирования контейнерных терминалов является определение пропускной способности его элементов и мощности. Так, в большинстве работ по данной тематике предлагается определять величину пропускной способности по основному элементу контейнерного терминала – грузовому фронту, предполагая, что остальные элементы должны её обеспечивать. Для определения оптимального технического оснащения грузовых фронтов используются методы

нелинейного и динамического программирования, статистических испытаний, теории массового обслуживания.

Методам параметризации транспортно-грузовых комплексов (ТГК), являющихся частным случаем контейнерного центра грузообработки, и их технологических зон, посвятил свои исследования Николашин В.М. [103], [154], который рассматривал модели определения технико-технологических параметров грузовых фронтов и складов с учетом множества критериев оптимальности и варьируемых параметров. Для выбора оптимальных параметров ТГК он использовал методы многокритериальной, многоуровневой оптимизации, динамического программирования и теории случайных процессов.

Сложность учёта множества факторов, определяющих вместимость и другие параметры склада, оказывающих значимое влияние на эффективное функционирование и технико-экономические параметры терминально-логистической инфраструктуры, обуславливают важность решения задачи технико-технологического моделирования ТГК, основанной на определении вместимости склада. Решение этой проблемы требует совершенствования научных методов, хотя, имеется ряд методик, в которых определение вместимости склада производится с применением теории вероятности (работы Маликова О.Б. [106], [107]).

Также следует указать на научно-методическое рассмотрение вопросов, связанных с управлением и проектированием складских комплексов, выбором параметров их технологических зон на основе принципов логистики (работа Дыбской В.В. [36]).

Появившееся в конце XX века новое направление, имитационное моделирование, быстро доказало свою научную и практическую ценность, что подтверждается большим количеством исследований, например, проведенных такими учеными как Козлов П.А. [39], [40], [41], Кузнецов А.Л. [54], [56], Персианов В.А. [109] и другими.

Так, Александров А.Э. в своем исследовании «Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей (теоретические основы,

методология)» [6] приводит сравнительную характеристику существующих методов и отмечает, что наиболее совершенным методом является имитационное моделирование. Так как аналитический метод прост, но плохо отображает структуру и случайные процессы, даёт большие погрешности. Вероятностный (СМО) плохо отображает структуру и управление. Графический (построение суточного плана-графика или графика движения поездов) плохо отображает случайные процессы. В связи с этим предложен подход к выбору метода расчета и моделирования сложных транспортных систем на основе классификации свойств объектов, методов и возможностей моделей.

Всё большее количество работ посвящено вопросам имитационного моделирования работы контейнерных терминалов, например, [89], [90], [197]. Но в основной массе исследований, исходя из возможностей используемых подходов, предлагаются, как правило, конкретные примеры реализации моделей рассматриваемых объектов, либо модели отдельных элементов контейнерного терминала.

Кроме того, появился интерес к теоретическим исследованиям развития технологии грузообработки на контейнерных терминалах, внедрения прогрессивных технологий, сопровождающихся автоматизацией всех операций с контейнерами и грузами [91], [134], [141], [143], [145] и др. Этим вопросам, пока ещё мало поднимавшимся в отечественной практике проектирования и эксплуатации контейнерных терминалов, посвящено большое количество зарубежных работ.

Многие вопросы, определяющие эффективность смешанных сообщений, в настоящее время не получили вполне удовлетворительного решения. Это связано с тем, что разработанные методики оптимизации перевозочного процесса в пределах одного вида транспорта непригодны для оптимизации мультимодальных перевозок по непрерывной схеме доставки грузов «от двери до двери». Но всё же рядом учёных и практиков, таких как Балалаев А.С. [9], Котляренко А.Ф., Куренков П.В. [84], [85], Морозов В.Н.

[120], Резер С.М. [188], Шаров В.А. [218] и другими, прорабатывалось множество вопросов, связанных с взаимодействием различных видов транспорта, комплексным управлением и информационным обеспечением процессами перевозок в смешанных сообщениях.

Проблема системного функционирования различных видов транспорта, обеспечивающих доставку грузов от поставщиков потребителям в сфере распределения продукции, была впервые поднята Комаровым А. В. В своих работах [76], [77] им была представлена в систематизированном виде общесетевая организация перевозочного процесса применительно к технологии перевозок различных грузов, включая планирование грузопотоков, организацию вагоно-, судо-, автомобилепотоков, разработку совмещенных графиков движения составов и единых технологических процессов работы разных видов транспорта в перевалочных пунктах, а также взаимного согласования технических норм работы транспорта.

Представляет интерес, разработанная Клепиковым В.П. методология комплексного развития транспортных систем в проектах взаимодействия железнодорожного и морского транспорта с использованием моделирования параметров транспортных систем [63], позволяющего в рамках единого проекта, определить необходимые параметры транспортной инфраструктуры стыковых пунктов, количество и эффективность использования подвижного состава для мультимодальных схем с участием железнодорожного и морского транспорта, портовых перевалочных комплексов.

О необходимости вывода методологии контейнерных перевозок на качественно новый уровень свидетельствуют принятые для целей долгосрочного планирования и реализации системы контейнерных перевозок на Российских железных дорогах такие документы [133], как «Концепция комплексного развития контейнерного бизнеса в холдинге ОАО «РЖД» [81] и «Концепция создания терминально-логистических центров на территории Российской Федерации» [82].

Одним из главных факторов, определяющих новые условия, формулирующих новые критерии и требующих новых методологических основ организации функционирования КТС, является повышение доли регулярных маршрутных контейнерных перевозок, а также ужесточение требований со стороны клиента к качеству и надёжности организации транспортно-логистических услуг. Именно эти обстоятельства должны рассматриваться как доминирующий фактор изменения требований к терминально-логистической инфраструктуре.

В свою очередь, необходимость координации изменившейся структуры и направлений грузоперевозок с существующими возможностями контейнерных терминалов, интеграции технологических процессов перевозки и терминальной обработки контейнеров требуют нового взгляда на размещение объектов терминально-логистической инфраструктуры путем совершенствования научно-методической базы по определению количества новых и подлежащих реконструкции контейнерных терминалов с обоснованием их места расположения и требуемой мощности [138], [192].

### 1.3 Обобщение передового зарубежного опыта развития контейнерной транспортной системы

В настоящее время, по данным Drewry Consulting, контейнеризация грузов в мире достигает 55 %. Этот показатель постоянно растёт за счёт увеличения грузопотоков, освоения новых маршрутов, а также внедрения новых логистических схем доставки грузов. Основными регионами формирования контейнерных грузопотоков являются страны Дальнего Востока, в первую очередь Япония и Восточная Азия, на которые приходится примерно 30 % мирового оборота контейнерных грузов. На втором месте (22-23%) находятся страны Западной Европы, на третьем (15-16%) – страны

Северной Америки, на четвёртом (14-15 %) – страны Юго-Восточной Азии, далее следуют страны Латинской Америки, Ближнего Востока, Африки, Австралии и Океании, Восточной Европы [158]. В настоящем исследовании систематизируем и обобщим практику инновационных технологий мировой контейнерной транспортной системы.

Рассматривая технологический аспект мировой системы контейнерных перевозок, прежде всего, следует отметить, что в крупнейших портах мира большое внимание уделяется взаимодействию портовых комплексов и инфраструктуры различных видов транспорта. Так, например, порт Гамбург является одним из самых больших в Европе железнодорожных центров по перегрузке контейнерных грузов. Эффективная и развитая система железнодорожных сообщений и специализированные железнодорожные операторы соединяют Гамбург со всеми доступными городами Германии, а также со всеми значимыми промышленными и торговыми регионами Северной, Южной, Центральной и Восточной Европы.

Пропускная способность ключевых мировых терминалов растёт, как за счёт использования современной перегрузочной техники, так и за счёт развития транспортной инфраструктуры смежных видов транспорта. По статистическим данным, около 40 процентов мировых контейнерных перевозок между портами и тыловыми терминалами осуществляется железнодорожным транспортом. Помимо этого, внедряются самые современные информационные системы взаимодействия всех участников контейнерной перевозки, включая операторов терминала, судоходные компании, автомобильных и железнодорожных перевозчиков, таможенные службы.

Помимо сухопутной связи между морскими портами и логистическими центрами развиваются морские кругосветные (Round the World – RtW) и трансокеанские межконтинентальные контейнерные линии, внутрибассейные скоростные паромные сообщения, а также активно реализуется перевозка контейнеров внутренними водными путями. Это позволяет за счёт



рационального использования различных видов транспорта существенно сокращать расходы на перевозку контейнеров и минимизировать транзитное время доставки грузов получателю.

Также актуальным технологическим направлением уменьшения экологической нагрузки и себестоимости перевозок является снижение энергетических затрат на единицу транспортной продукции за счет увеличения грузоподъемности судов (анализ данных показывает, что удельные затраты на перевозку 1 т груза сокращаются почти в 2 раза при росте грузоподъемности судна в 3 раза) [25].

Мировая контейнерная транспортная система завершает технологическую перестройку, связанную с открытием модернизированного Панамского канала. Технические параметры океанских контейнеровозов неуклонно увеличиваются. Так, в 2014 году был построен контейнеровоз вместимостью в 19,3 тыс. контейнеров ДФЭ\*, в перспективе находится постройка контейнеровозов вместимостью до 22 тыс. контейнеров ДФЭ.

Кроме того, в ближайшие годы прогнозируется ввод в эксплуатацию ещё 88 судов E-class, что по оценкам экспертов приведет к существенному обновлению флота, работающего на евро-азиатских линиях, и переключению контейнеровозов меньших размеров вместимостью 6-10 тыс. контейнеров ДФЭ на порты США, большинство из которых в настоящее время способны принимать суда вместимостью не более 12 тыс. контейнеров ДФЭ.

В связи с этим, себестоимость перевозки одного контейнера морем в межконтинентальных сообщениях на новом большегрузном флоте (расчетной вместимостью 16-20 тыс. контейнеров ДФЭ) снизится примерно вдвое при сокращении срока доставки на 2-3 суток [24], [25].

Кроме того, мировой технический прогресс привел к расширению типоразмеров контейнеров как по международному стандарту ИСО, так и по отраслевым (ИМО) и региональным стандартам (ЕС). В международной

---

\*ДФЭ (TEU) – единица, эквивалентная двадцатифутовому контейнеру. Стандартная единица, которой является контейнер ИСО длиной 20 футов (6,1 м) и которая используется для статистических измерений, касающихся транспортных потоков или пропускной способности (условная единица измерения контейнерных перевозок).

транспортно-распределительной системе применяются контейнеры различных конструктивных типов, с увеличенными размерами (длиной 49-56 фут. с 8 фитингами) и массой (танк-контейнеры серии 1СС массой брутто 30,48 т), в то время как в российской практике доминируют универсальные 20 и 40 футовые контейнеры [24], [25].

По решению Комитета по транспорту ЕС в сообщениях с европейскими странами используются рефконтейнеры габаритной шириной 2,6 м (с учётом потребности к увеличению толщины стенки для изоляции). Международной морской организацией (ИМО) были рекомендованы контейнеры-цистерны с встроенными цилиндрическими танками габаритной шириной 2,6 м, перевозка грузов в которых имеет положительную динамику к увеличению.

Помимо этого, в последние годы в мире интенсивно развиваются перевозки грузов в специализированных крупнотоннажных контейнерах, которые совпадают по конструкции и параметрам с универсальными крупнотоннажными контейнерами, но предназначены для перевозки ограниченной номенклатуры или грузов отдельных видов: длинномерных, громоздких, сыпучих пылевидных, гранулированных, мелкокусковых и крупнокусковых, в том числе смерзающихся и слеживающихся, жидких разной вязкости и полужидких (пастообразных), опасных и др.

Введение полного запрета массовой перевозки особо опасных грузов в перевалочном сообщении и одновременная регламентация способов перевозки таких грузов в специализированных контейнерах является общей тенденцией развития Правил перевозки опасных грузов на различных видах транспорта.

С развитием устройств автоматики быстро возрастает число контейнеров с контролируемыми параметрами – температурой, давлением, радиацией, с газоанализаторами хлора, аммиака и прочее. Необходимо отметить, что использование контейнеров с контролируемыми параметрами для опасных грузов повышают уровень безопасности и снижают аварийность перевозок благодаря дополнительным устройствам систем

пожаробезопасности, дезактивации и нейтрализации выбросов и прочее, которые автоматически срабатывают в случае превышения контролируемого параметра за некоторый заданный уровень [25].

Помимо этого, актуальной тенденцией является переработка на контейнерных терминалах иных, совместимых с контейнерами, укрупненных грузовых единиц. Подобные перегрузочные комплексы все шире внедряются в мировой транспортной системе и получили в зарубежной практике название – с «двойной» технологией.

Обращает на себя внимание активизация массовых перевозок насыпных и навалочных грузов в контейнерах с применением технологии контейнерных вкладышей, а также непосредственно навалом, с погрузкой в предварительно скантованные вертикально крытые универсальные контейнеры. Так, например, США ежегодно экспортируют более 3,5 млн. т металлолома в контейнерах, который обычно перевозился навалом или брикетах [25].

Развитие контейнерной индустрии в сфере портовых терминалов можно проследить на примере эволюции таких основных технологических элементов терминала, как морской грузовой фронт; система внутрипортового транспортирования контейнеров; тыловые складские площадки и грузовые фронты [92].

Для увеличения производительности кранов на морском грузовом фронте, помимо роста скоростей рабочих движений, за счет усложнения конструкции кранов, стали применяться способы разделения рабочего цикла крана за счет применения двухтележечных причальных перегружателей и укрупнения подъёма, состоящего из двух и более контейнеров.

Аналогичные тенденции сопровождают развитие систем внутрипортовой транспортировки контейнеров. Помимо повышения эксплуатационных характеристик уже хорошо известных транспортирующих машин типа портовых тягачей, автоконтейнеровозов, появления на их базе

шаттлов и спринтеров, отмечаются также тенденции укрупнения транспортных единиц путем применения автопоездов.

Представляет интерес технологическое решение для транспортирования контейнеров между морским грузовым фронтом и складом, которое применено на терминале RST в Роттердаме (Нидерланды). Блоки по девять контейнеров формируются на специальной тележке, оснащенной автоматизированным канатным приводом для перемещения этой тележки из-под консоли причального перегружателя под консоль козлового крана, размещенного в зоне складирования, и обратно. Поскольку тележки имеют движения только перпендикулярно причалу, эксплуатация терминала требует повышенных скоростей и количества передвижений тяжелых складских и причальных кранов вдоль причалов, что не является достоинством данного технологического решения.

Одним из первых направлений автоматизации операций в технологических зонах контейнерного терминала явилось совершенствование системы горизонтальной транспортировки, выразившееся в появлении роботизированных тележек (AGV, Automated Guided Vehicle) для перемещения контейнеров между операционными зонами контейнерного терминала.

Использование AGV на контейнерных терминалах Роттердама, способных свободно передвигаться не только по заранее намеченным маршрутам, а по всей площади терминала, позволило достичь таких преимуществ, как высокую пропускную способность терминала; непрерывные операции в режиме 24/7/365; высокий уровень безопасности; снижение эксплуатационных расходов (за счет сокращения стоимости рабочей силы); высокая точность позиционирования.

Одно из направлений развития AGV характеризуется интенсивными исследованиями в рамках проекта IPSI <sup>TM</sup> (Improved Port Ship Interface, усовершенствованный интерфейс порт-судно), спонсируемого Евросоюзом. IPSI AGV предназначены для транспортировки одного или нескольких

контейнеров, которые устанавливаются на специально разработанные для использования с ними кассеты. Основная идея эксплуатации IPSI AGV заключается в сокращении числа единиц подъёмно-транспортных машин при увеличении производительности погрузочно-разгрузочных работ.

Данные системы используются для обработки судов с различной схемой погрузки. Платформа IPSI AGV в низком рабочем положении, без груза, может въезжать под кассету, чтобы поднять её. Верхнее рабочее положение IPSI AGV применяется при её перемещении с кассетой. Для управления передвижением и корректировки местоположения IPSI AGV используются вращающиеся лазеры на обеих сторонах тележки, а также система специальных отражателей, расположенных на терминале. Кроме этого, для предотвращения столкновений и работе внутри судов с горизонтальной погрузкой применяются сканеры на торцах платформы.

В морском порту Антверпен (Бельгия) уже несколько лет эксплуатируется система транспортировки между причальной и складской зонами терминала, использующая низкорамные высокоскоростные автоконтейнеровозы или шаттлы (shuttle, sprinter, runner). Эта система использует стандартный шаттл SC50H производства компании Кальмар с ручным управлением, с установленным на нем специальным оборудованием. Также данные машины были поставлены на терминал АРМТ (Вирджиния, США), где работают первые в Северной Америке автоматические складские краны (ASC).

Автоматические шаттлы работают под тыловой консолью причального перегружателя, оставляя пространство под порталом для хранения люковых крышек и специальных контейнеров (например, негабаритных). Использование шаттлов вместо AGV позволяет, как ожидается, повысить емкость буферного стека, поскольку они могут перемещаться над находящимися на покрытии терминала контейнерами. И хотя стоимость шаттла примерно вдвое выше, чем AGV, ожидается, что меньшее потребление

горючего, снижение затрат на обслуживание должно способствовать внедрению этой системы.

В отличие от навигационной системы для управления AGV (которая чаще всего основывается на использовании принципа радиолокации, уточнения положения с помощью GPS и инерциальной системы навигации), для автоматических шаттлов ожидается использование сети встроенных под поверхность терминала магнитных датчиков. Это позволяет достичь точности позиционирования до 50 мм и избежать радиотеней, неизбежных в условиях реальных терминалов.

В большинстве технологических систем хранения складирование контейнеров предполагает помещение их в штабель, друг на друга. Недостатком такого способа хранения является необходимость «рыть» штабель, т.е. непроизводительно перемещать верхние контейнеры, когда требуемый для выборки контейнер находится в нижних ярусах штабеля.

Наиболее популярными для организации складирования контейнеров на открытых площадках автоматизированных терминалов являются автоматические козловые перегружатели на рельсовом ходу. Стандартным решением является организация склада в виде отдельных штабелей (перпендикулярно причалам), над которыми работают по два крана: один обслуживает морские операции, связанные с обработкой судна, другой – наземный транспорт. В отличие от складских перегружателей с ручным управлением, в которых обработка транспортных средств производится в рабочих проездах вдоль всего штабеля, зона передачи на автоматизированных терминалах обычно располагается у соответствующих торцов штабеля: морском и тыловом.

Для исключения необходимости передачи контейнеров от одного крана к другому, при перемещении между морским и тыловым концом штабеля на некоторых терминалах применяются краны ASC двух разных размеров. Меньший из них проносит контейнер над штабелем и целиком уместается в просвете портала большего крана. Такая схема реализована, например, на

терминале Альтенвердер в Гамбурге (Германия) [92]. Следует отметить, что подобная схема образования штабелей требует очень развитой системы управления и планирования операций.

Развитие логистики, начавшееся в конце XX века и испытывающее взрывной рост в настоящее время, обусловило появление новых складских технологий. При этом, большая часть существующих контейнерных терминалов работает на пределе своей пропускной способности, а качество предоставляемого транспортно-логистического сервиса не отвечает запросам рынка, что, в свою очередь, требует совершенствования существующих и разработки новых схем и технологий работы контейнерных терминалов.

Из наиболее проработанных и доведенных до стадии проектирования следует упомянуть проект контейнерного терминала, созданный и исследуемый китайской компанией Shanghai Zhenhua Port Machinery Co Ltd (ZPMC), которая является лидером по производству контейнерных перегружателей и автоматических складских кранов.

Особенностью китайского проекта является автоматическая система перемещения по всей технологической цепочке контейнеров. Она состоит из рельсовых тележек для блока из двух контейнеров, передвигающихся в разных уровнях вдоль и перпендикулярно причалу, а также автоматических козловых кранов для перестановки контейнеров с одного уровня на другой с поворотом на 90 градусов. Для обеспечения технологической связи морского фронта со складом тележки нижнего уровня движутся перпендикулярно причалам, автоматические козловые краны обслуживают эти тележки с контейнерами в любой точке штабеля, а также железнодорожный и автомобильный транспорт в тыловой зоне склада.

Инновационные достижения в области автоматизации технологических процессов контейнерных терминалов, а также дефицит и завышенная стоимость территорий являются движущей силой для проектирования высотных контейнерных складов. Наиболее известны исследования и практические результаты в данной сфере в Южной Корее. В частности, фирма

АО EZ-INRUS запатентовала систему UCW, которая включает в себя многоэтажный (20-30 этажей) контейнерный стеллажный терминал, оборудованный лифтами, а также крановое оборудование для перемещения контейнеров и погрузки-выгрузки смежного транспорта [122].

Считается, что подобные системы в сопоставлении с традиционными контейнерными терминалами позволяют более чем в 10 раз увеличить отдачу территории на один контейнер (до 0,94 кв. м /ДФЭ), сократить численность рабочей силы в 20 раз и увеличить производительность на 270%. Однако сложность конструкции понижает степень эксплуатационной надежности и увеличивает инвестиционную составляющую, а использование их на железнодорожном транспорте (учитывая специфику его работы) практически невозможно [92].

Дефицит территорий речных и морских портов для развития инфраструктуры вызвал необходимость в странах Европейского Союза строительства тыловых портов, которые теперь рассматриваются как элемент транспортно-логистической цепи [158].

Кроме того, например, в Австрии отсутствие больших площадей под строительство терминалов и необходимость в сокращении времени на погрузочно-разгрузочные и маневровые операции с контейнерными поездами привело к решению строительства контейнерного терминала стеллажного типа. Техническим решением данного контейнерного терминала является многоэтажный стеллаж для контейнеров и сменных кузовов, подъемно-транспортное средство и обслуживающее стеллаж устройство, которое складировать контейнеры, сортирует и подготавливает их. Устройство, обслуживающее стеллаж, обеспечивает разгрузку контейнеров и сменных кузовов с полок на так называемую предоперационную площадку, а далее кран перегружает их на поезд или автомобиль, и наоборот. Подъемно-транспортное средство и обслуживающее стеллаж устройство могут манипулировать контейнерами и сменными кузовами с максимальной массой 45 тонн. Длина



грузового фронта терминала может составлять до 700 м и достигать до 3х уровней по высоте.

Ещё одним из основных направлений в организации контейнерных перевозок в странах ЕС является развитие инновационных комбинированных автомобильно-железнодорожных перевозок [228], [230], [231], [237], [238], [239], [241].

Так, немецкая компания CargoBeamer разработала получившую одноименное название новую технологию автоматизированной, параллельной, быстрой и недорогой перегрузки грузов между автомобильной и железной дорогой, не требующую использования грузоподъемных кранов и штабелеров. Предложенный способ перегрузки удовлетворяет параметрам следующих систем: немодифицированные стандартные седельные прицепы (включая мегатрейлеры); сменные грузовые платформы и контейнеры; различная ширина железнодорожной колеи; имеющееся техническое оснащение терминалов.

Инновационными элементами являются система перегрузки – «КаргоГейтс», с помощью которой осуществляется снятие полуприцепа с фуры, установка его на железнодорожную платформу и параллельный перенос её на железнодорожные пути; специализированные железнодорожные платформы; вагоны, предназначенные для продвижения седельно-сцепных устройств на рельсовые пути – «КаргоДжетты», а также электронно-информационная система, обеспечивающая процесс управления перевозок.

В качестве перевозочных средств в системе CargoBeamer применяются тягачи с полуприцепами и железнодорожный подвижной состав, что позволяет использовать преимущества данных видов транспорта. При этом конструкция железнодорожного подвижного состава выполнена в виде металлоконструкции кассетного типа, имеющей корытообразную конфигурацию и рассчитанной на размещение в ней перечисленных выше единиц погрузки. Грузовой фронт терминала оснащается несколькими параллельно уложенными железнодорожными путями, соответствующими

длине обслуживаемых поездов, по обе стороны каждого из которых располагаются автомобильные проезды. Корытообразная кассета каждого вагона поднимается на высоту, достаточную для отделения от ходовой части вагона, и сдвигается в поперечном направлении по специальным направляющим в соответствующие зоны отстоя, расположенные между рельсовыми колеями и автомобильными проездами, для этого уровень головок рельсов располагается ниже поверхности автодорожного полотна.

Концепция CargoBeamer обеспечивает выполнение сдвоенных операций – выгрузки доставленных и погрузки отправляемых грузовых единиц, автоматизацию процессов расформирования и формирования грузового поезда, надежность и пунктуальность перевозок, возможность быстрого перегруза полуприцепа или контейнера с европейской колеи на колею 1520 и обратно, сокращение затрат на перевозку на 20 % и более.

Также представляет интерес транспортно-технологическая система компании Lohr Industries по перевозкам грузовых автомобилей на специальных вагонах Modalohr с обычными колесными парами. Эти вагоны удовлетворяют следующим техническим условиям:

- низкий уровень площадки вагона для обеспечения габарита подвижного состава при перевозке автотранспортных средств высотой до 4 м;
- использование стандартных тележек и колесных пар для сокращения капитальных вложений и затрат на эксплуатацию подвижного состава;
- одновременное выполнение горизонтальной выгрузки и погрузки, обеспечивающей сокращение времени на обработку грузового поезда;
- применение механической системы сочленения вагонов и блокирования автотранспортных средств, гарантирующей безопасность и надёжность перевозок.

Грузовой фронт терминала системы Modalohr представляет собой железнодорожный путь, рельсы которого расположены на одном уровне с асфальтированной площадкой. Для обеспечения заезда и выезда автотранспортных средств с обеих сторон фронта используются рампы.

Подвижная грузовая площадка перед выполнением грузовых операций поднимается до уровня пола вагона и поворачивается с помощью специального гидравлического устройства. Из-за технических ограничений на вагоне системы Modalohr перевозится либо один автомобиль, либо полуприцеп, либо два тягача, при этом последние вагоны грузового поезда опираются на две тележки, промежуточные - на одну (грузовой поезд из  $n$  вагонов имеет  $n+1$  тележку).

Интересен опыт организации интермодальных перевозок итальянской компанией I.Log Ltd, которая разработала технологию metrosargo. Основные преимущества транспортно-технологической системы в том, что не требуется никаких изменений в конструкции подвижного состава и полная автоматизация всего технологического процесса.

Терминал Метрокарго может быть построен на станции вдоль приёмо-отправочных путей, что позволяет выполнять погрузочно-выгрузочные операции всего состава одновременно, без организации маневровых работ. Контейнер доставляется на автомобиле до терминала Метрокарго, где с помощью полностью автоматизированного оборудования, он устанавливается на специальные платформы и по прибытии поезда горизонтально загружается в вагон. Платформы служат для укладки на них груза любого вида, на ней существуют датчики положения и устройства центрирования для равномерной укладки груза.

Система управления терминалом Метрокарго ведает отдельными технологическими процессами, а рабочие оптимизируют работу всей системы в зависимости от сложившейся ситуации с целью сокращения временных затрат на определенные процессы. Полная безопасность персонала терминала достигается при помощи новейшей системы контроля всей территории, которая вмешивается автоматически при любой сложившейся опасной ситуации.

Система Метрокарго может быть использована на стыковых пунктах, где происходит смена ширины колеи. Она позволяет существенно сократить временные и материальные затраты на перегрузочных операциях.

Тенденцией последних лет в мировой транспортной системе является развитие ускоренных грузовых перевозок железнодорожным транспортом, которые во многих странах способствуют повышению эффективности транспортно-логистического сервиса и решению задач государственной важности, включая улучшение экологической обстановки, связанной с уменьшением вредных выбросов в атмосферу, снижение загрузки автомагистралей, позволяющей отдалить и перераспределить инвестиции в дорогостоящую автодорожную инфраструктуру, и т.д.

Министерство железных дорог Китая (МЖД) разработало программу по системному развитию грузовых железнодорожных магистралей и инфраструктуры для контейнерных перевозок. Предполагается, что объёмы железнодорожных контейнерных перевозок будут повышены благодаря расширению возможностей тех железнодорожных линий, по которым проходят наиболее интенсивные контейнерные грузопотоки (в первую очередь за счет обеспечения возможностей прохождения поездов с контейнерами, размещенными в два яруса). Сегодня некоторые мероприятия уже успешно завершены: строительство выделенных железнодорожных линий для пассажирского движения позволило значительно разгрузить основные направления железнодорожных грузоперевозок.

Для развития инфраструктуры железнодорожных контейнерных перевозок в 2007 году МЖД заключило соглашение с международными транспортно-логистическими компаниями об учреждении совместного предприятия по строительству контейнерных терминалов в 18 основных центрах и портах, которые будут объединены услугами регулярных контейнерных железнодорожных перевозок. Перестройка существующих грузовых терминалов позволит создать еще 37 спутниковых терминалов.

Кроме того, еще 150 обычных станций будут оборудованы для работы с контейнерами [194].

Также, рассматривая азиатский рынок контейнерных перевозок, нельзя не отметить положительные тенденции в области контейнеризации грузов на железнодорожном транспорте Японии. Принятая компанией JR Freight программа «New Challenge 21», в числе прочего, обозначила контейнеризацию грузов как приоритетное направление развития грузоперевозок [80]. В результате реализации этой программы, к настоящему времени в Японии сложилась развитая контейнерная транспортная система. В стране ежедневно в обращении на 186 маршрутах находится более 400 контейнерных поездов. Развитию контейнерных перевозок также способствовала внедренная на железнодорожном транспорте система IT-FRENS (и дополнение к ней - система TRACE). Данная система охватывает 149 контейнерных станций, 500 погрузочно-разгрузочных механизмов, 8000 платформ и 90 тыс. контейнеров и позволяет в реальном времени отслеживать продвижение контейнеров в масштабах страны, а также погрузочно-разгрузочные работы на контейнерных терминалах [23].

В Европе, в свою очередь, широко развита система организации контейнерных поездов местного значения, которые курсируют по расписанию. Отправление поезда происходит в строго запланированное время, вне зависимости от степени его загрузки. Одним из таких примеров является концепция челночных поездов «RailXpres», которая была разработана и начала впервые использоваться швейцарской компанией «InnovaTrain AG». Целью организации таких поездов является максимально быстрая перевозка небольшого количества контейнеров и съемных емкостей стандарта ИСО по установленному расписанию в определенном железнодорожном направлении [131].

Такой поезд позволяет перевозить 26 контейнеров (или съемных единиц размером до 7,45 м). Длина каждого вагона составляет 33 метра, что позволяет разместить на каждом из вагонов четыре 20-фут. контейнера, два контейнера

могут быть размещены на хвостовом моторвагоне. Общая длина поезда – 239 м; масса поезда - 700 т (без локомотива); максимальная скорость – 120 км/ч. Важной особенностью поезда «RailXpres» является то, что он может перемещаться по неэлектрифицированным железнодорожным путям, так как локомотив работает как на электроэнергии, так и на дизельном топливе. Это позволяет подавать поезд под загрузку/выгрузку прямо на пути необщего пользования промышленных предприятий, которые зачастую не оборудованы контактной сетью. Контейнерные поезда «RailXpres» в Европе курсируют между небольшими терминалами / железнодорожными станциями на расстояние от 200 км [131].

Челночный поезд «RailXpres» состоит из электролокомотива, который располагается в голове поезда; моторвагона, который располагается в хвосте поезда; шести 6-осных вагонов сочлененного типа. Особенностью вагонов грузового поезда «RailXpres» является то, что все они оснащены специальным оборудованием CargoMover, которое позволяет осуществить горизонтальную перегрузку контейнеров с вагона на автомобиль без использования кранов [131].

Новым решением в организации контейнерных перевозок для железных дорог Германии (DB) также является перевозка контейнеров в два яруса. Если в прошлом его реализации мешали различные технические проблемы и трудности, связанные с инфраструктурой, то в результате современных исследований была доказана выполнимость этой задачи на отдельных линиях железнодорожной сети. Так, начиная с 2008 года, в Германии ведется работа по созданию сети линий для двухъярусных перевозок контейнеров в районе морских портов [229].

В целях сокращения эксплуатационных расходов при железнодорожных контейнерных перевозках, начиная с 1984 года, железные дороги США широко используют перевозку контейнеров в два яруса. В настоящее время двухъярусные перевозки имеют наивысший приоритет на железных дорогах США.

С целью развития железнодорожного контейнерного сервиса в США железнодорожными компаниями были подписаны контракты с трансазиатскими судовыми компаниями о предоставлении транспортных услуг в фиксированные дни с учетом расписания прибытия судов. Подобные соглашения позволили доставлять с западного побережья контейнеры, прибывающие из Азии, на восточное побережье в течение 72 часов. Сегодня количество таких отправок составляет более 240 контейнерных поездов в неделю, а средняя скорость поездов с контейнерами равна 112 км/ч [23].

Можно сделать вывод, что анализ зарубежного опыта развития системы контейнерных перевозок, позволяет обозначить его основные направления внедрения технических и технологических инноваций (рис. 1.1):

- снижение энергетических затрат и себестоимости на единицу транспортной продукции за счет увеличения грузоподъемности судов контейнеровозов;
- введение в обращение контейнеров новых конструктивных типов (типоразмеров) и увеличение их размеров;
- расширение использования специализированных контейнеров ИСО;
- увеличение объемов перевозок контейнеров на основе расширения номенклатуры перевозимых в них грузов;
- развитие автоматизации и повышение производительности погрузочно-разгрузочных машин и оборудования контейнерной индустрии;
- развитие пропускных и перерабатывающих способностей объектов терминально-логистической инфраструктуры;
- автоматизация технологических операций с контейнерами и грузами, технологического процесса, а также автоматизация управления всего контейнерного терминала;
- развитие прогрессивных транспортно-технологических систем на базе создания новых типов контейнерных терминалов;
- сокращение времени нахождения грузов на контейнерных терминалах, а также расходов на маневровые и погрузочно-выгрузочные операции;

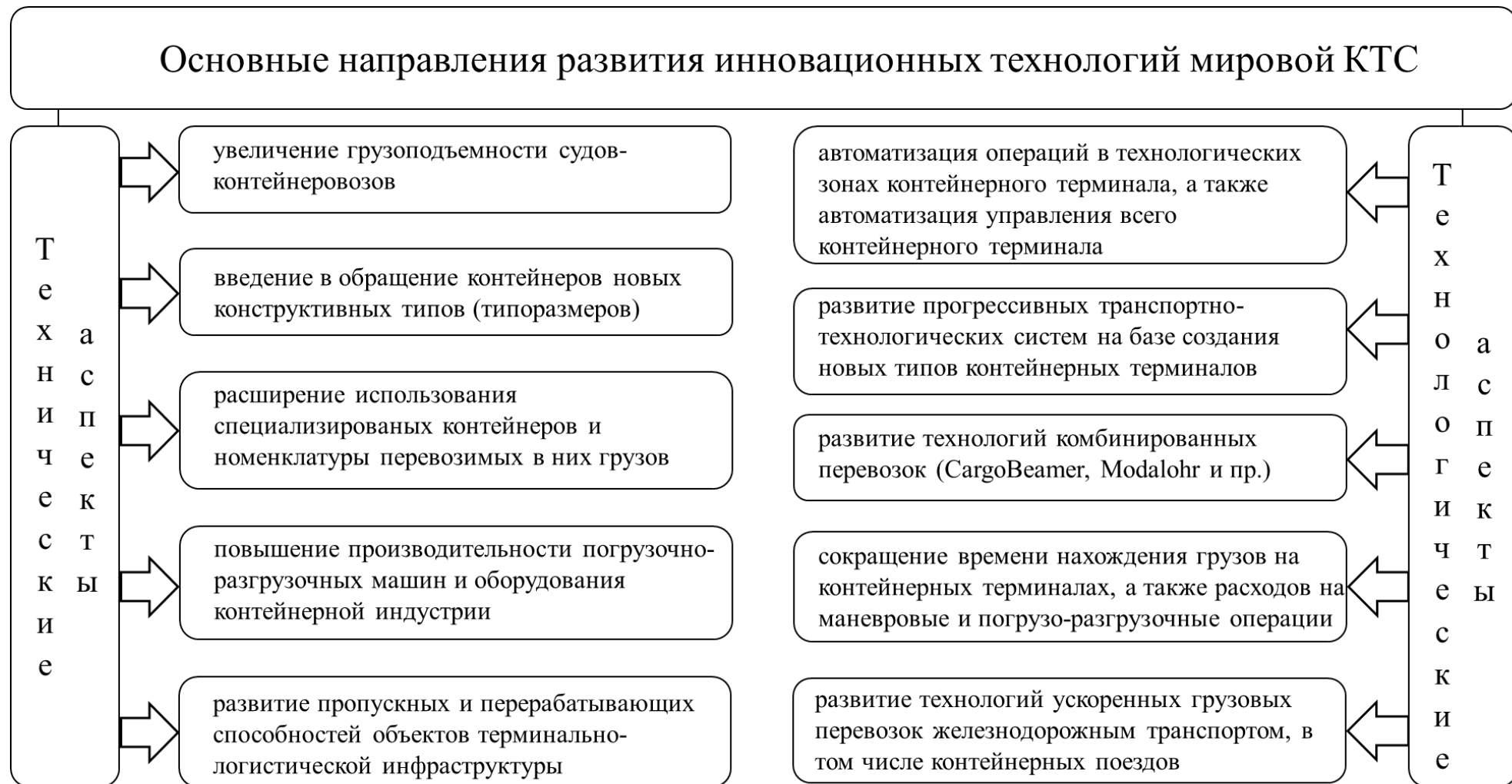


Рисунок 1.1 – Основные направления внедрения технических и технологических инноваций мировой КТС



- развитие ускоренных грузовых перевозок железнодорожным транспортом, в том числе контейнерных поездов.

Таким образом, рассмотрев практический опыт инновационных технологий мировой контейнерной транспортной системы, можно отметить, что, в первую очередь, внедрение инноваций происходит за счёт создания современной терминально-логистической инфраструктуры, а также совершенствования технологий, направленных на развитие пропускных и перерабатывающих способностей контейнерных терминалов, что, в свою очередь, невозможно без внедрения прогрессивных технологий, сопровождающихся автоматизацией всех операций с контейнерами и грузами на территории контейнерного терминала.

Кроме того, помимо тенденции, связанной с увеличением скоростей движения за счёт организации контейнерных поездов, на железных дорогах мира стремятся к сокращению времени нахождения грузов на терминалах, а также расходов на маневровые и погрузочно-выгрузочные операции. Актуальной тенденцией мировой транспортной системы является развитие технологий контейнеризации, что приводит к расширению перечня контейнеризируемых грузов.

#### 1.4 Анализ новых факторов грузовой транспортной системы, определяющих изменения в системе контейнерных перевозок

##### 1.4.1 Движущие причины контейнеризации мировой транспортной системы

1. *Глобализация и рост международной торговли (увеличение доли полуфабрикатов и готовой продукции в грузообороте).* В условиях глобализации и регионализации, являющимися главными тенденциями мирового развития XXI века, открываются дополнительные возможности для

развития национальных экономик. Для обеспечения неуклонного роста конкурентоспособности индустриальная экономика развитых стран, ориентированная в основном на производство продукции массового спроса и снижение её себестоимости, последовательно превратилась в сервисную экономику [158], которая характеризуется высокими требованиями к качеству предоставления транспортно-логистических услуг, в том числе к ускорению товародвижения и снижению транспортных издержек.

Глобализация международной торговли приводит к росту товарообмена между странами и увеличению межконтинентальных перевозок (среднегодовые темпы роста международной торговли опережают темпы мирового общеэкономического развития примерно в 1,5 раза; при увеличении мирового валового продукта на 3-4 % в год спрос на транспортные услуги повышаются на 6-8 % ежегодно). Рост мировой торговли опережает рост производства, поэтому в современных условиях, с точки зрения обеспечения регионального экономического развития, использование транспортных связей и коммуникаций, обеспечивающих международную торговлю, выгоднее, чем производство товаров с низкой долей добавленной стоимости или продажа сырьевых ресурсов.

При этом контейнерные перевозки грузов всё более активно адаптируются к новым экономическим требованиям, а их доля постоянно повышается в международной транспортной системе. Этому способствует изменение структуры грузоперевозок, связанное с развитием логистических принципов организации производства и распределения, с расширением глобальных дистрибутивных сетей, оптимизацией сетевых систем регулярной доставки грузов небольшими партиями, сокращается доля грузов сырьевых отраслей и отрасли первичной переработки, в то время как доля высокотехнологичных грузов с высокой удельной стоимостью постепенно растёт.

2. *Изменения структуры и направлений грузоперевозок.* В связи с постепенным перемещением основных производств в страны Юго-Восточной

Азии (Китай, Индия и др.) изменяются направления грузоперевозок в международном товарообмене. Опережающий рост развития Китая и Индии означает перераспределение ресурсов в мировой экономике. В ближайший исторический период наиболее активный товарообмен будет происходить на оси Северная Америка – Европа – Азиатско-Тихоокеанский регион (АТР). С каждым годом эта тенденция будет проявляться все сильнее, что вызовет значительное увеличение интенсивности грузоперевозок и потребует развития транспортной инфраструктуры.

На фоне этих тенденций крупнейшие порты АТР (Шанхай, Сингапур, Шэньчжэнь, Гонконг, Нингбо, Пусан, Циндао, Гуанчжоу) в 2014, 2013, 2012 годах выполнили переработку контейнеров 186,6 млн ДФЭ, 177,4 млн ДФЭ, 173,4 млн ДФЭ соответственно. Для сравнения, контейнерооборот портов Европейского союза – Роттердама, Гамбурга и Антверпена составил в 2014 году 12,3 млн ДФЭ, 9,7 млн ДФЭ, 8,96 млн ДФЭ соответственно [109], [158].

На основе анализа данных по грузообороту в 30 крупнейших портах мира (*по данным Lloyd's Lis*) были рассчитаны среднегодовые темпы роста каждого из этих портов, результаты которых представлены в таблице 1.1 [109]. Анализ среднегодовых темпов контейнерных перевозок по крупнейшим портам также показывает лидерство портовых комплексов АТР.

3. *Географическая поляризация центров производства и потребления.* По прогнозу экспертов, в перспективе, в Евразии сконцентрируются главные инновационные зоны мира, где будут вестись широкомасштабные разработки в области технологий и материалов с принципиально более высокой эффективностью использования природных ресурсов. Постепенно влияние США в Евразии будет снижаться, что связано с переориентацией рынка США на быстрорастущий спрос развивающихся стран Южной Америки, а также с курсом импортозамещения в российской экономике. Смещение производств ЕС на восток показывает, что у стран Евросоюза не хватает внутренних ресурсов для продолжения развития в пределах своих границ.

Таблица 1.1 – Среднегодовые темпы роста контейнерооборота крупнейших портов

Порт	Темп, %	Порт	Темп, %	Порт	Темп, %
Ляньюньган	29,18	Дубай	10,03	Альхесирас	5,1
Инкоу	20,97	Коломбо	9,2	Токио	4,52
Гуанчжоу	19,46	Таньюнг Телепас (Джохор)	8,82	Ротттердам	4,5
Нингбо	19,14	Порт Кланг	8,53	Антверпен	4,44
Далянь	18,39	Таньюнг Приок (Джакарта)	8,31	Гамбург	3,69
Тяньцзинь	15,65	Лаем Чабанг (Бангкок)	7,2	Порт Нью-Йорка и Нью-Джерси	2,85
Циндао	13,91	Шэньчжэнь	6,5	Лонг-Бич	1,86
Сямынь	12,92	Бремер/Бремерхафен	5,83	Лос-Анджелес	1,46
Хошимин (Сайгон)	12,51	Пусан	5,62	Гаосюн, Тайвань	0,97
Шанхай	10,34	Сингапур	5,28	Гонконг	0,15

По оценкам ряда экспертов к 2030 году до 70 % мирового производства продукции сосредоточится вокруг Китая. При этом в Европе прогнозируется сначала стагнация, а затем и снижение объёмов производства готовой продукции, которую по экономическим причинам выгоднее будет производить в странах Юго-Восточной Азии. Указанные тенденции отрицательно скажутся на развитии экономики стран ЕС.

В свою очередь, экономическое развитие РФ, в условиях введенных против неё экономических санкций, наряду с использованием конкурентных преимуществ в энерго-сырьевом секторе, предполагает повышение эффективности человеческого капитала и развития высоко- и среднетехнологичных производств.

#### 4. Развитие международных транспортных коридоров (МТК).

Процессы глобализации производства и распределения способствуют интеграции транспортных инфраструктур на обширных географических территориях. При этом региональные транспортные сети интегрируются в более масштабные сети межрегионального, национального и мирового

масштаба, формируются МТК, связывающие основные рынки и центры производства.

Интеграция различных видов транспорта в единые транспортные системы, унификация транспортных процессов и процедур для осуществления быстрого перехода груза с одного вида транспорта на другой стимулируют рост контейнерных перевозок.

Кроме того, увеличение роста ценности тонны груза, ужесточение требований грузоотправителей к стоимости, срокам и сохранности доставки грузов, ассортименту и качеству транспортно-логистических услуг привело к использованию эффекта «экономии масштаба», ответом на который является осуществление перевозок грузов в контейнерах по направлениям МТК «Транссиб», «Север – Юг», «Запад – Восток», специализированному МТК №2 (Берлин – Варшава – Минск – Москва – Нижний Новгород), МТК №9 (граница с Финляндией – Санкт-Петербург – Москва – Ростов-на-Дону – Новороссийск/Астрахань), а также трансевразийским транспортным коридорам «Нового шёлкового пути».

Очевидно, что проходящие МТК по территории России открывают реальную возможность упрочить её положение как крупной транзитной страны, использовать выгоды географического положения - стать полноценным «евразийским мостом» между странами Востока и Запада. Развитие транспортной инфраструктуры, четкая организация маршрутов контейнерных перевозок по направлению стран Юго-Восточная Азия – Россия – ЕС позволит обслуживать торговлю между Европой и Азией, что положительно скажется на экономическом сотрудничестве регионов, росте уровня жизни населения, высоких темпов внедрения инновационных технологий.

5. *Расширение перечня контейнеропригодных грузов, связанное с развитием технологий контейнеризации.* Расширение типоразмерного ряда контейнеров, модернизация транспортных средств для их перевозки, а также развитие контейнерного оборудования и технологий, используемых в

практике международного контейнерного сервиса привели к увеличению номенклатуры грузов, которые перевозятся в контейнерах, и изменению (контейнеризации) мировых производственно-транспортных систем.

Таким образом, учитывая интенсивно идущие процессы роста международной торговли, расширения глобальных дистрибутивных сетей, развития сетевых систем регулярной доставки товаров, в мировой транспортной системе, в том числе в России, можно прогнозировать существенное увеличение уровня контейнеризации грузов.

В свою очередь, глобализация и рост международной торговли, изменения структуры и направлений грузоперевозок, в том числе увеличение доли высокотехнологичной продукции с высокой удельной стоимостью в грузообороте, географическая поляризация центров производства и потребления, развитие существующих и формирование новых МТК, а также расширение перечня контейнеропригодных грузов, связанное с развитием технологий контейнеризации, относится к основным факторам, определяющим изменения в организации и функционировании КТС.

#### 1.4.2 Анализ технических и технологических проблем инфраструктуры контейнерных перевозок

Уровень технического и технологического развития инфраструктуры контейнерных перевозок оказывает решающее влияние на эффективное функционирование КТС, деятельность которой является важнейшим фактором обеспечения конкурентоспособности транспортной системы страны при интеграции в международную транспортную систему [125], [126], [127], [128], [129], [130], [131], [139], [142], [144].

Основу инфраструктуры контейнерных перевозок составляют контейнерные терминалы, представляющие собой наиболее дорогостоящие и

мощные её объекты. Контейнерные терминалы обеспечивают не только выполнение технологических операций с контейнерами, но также интеграцию различных видов транспорта и грузопотоков, развитие международных и национальных транспортных коридоров, оказание дополнительных транспортно-логистических услуг. Однако ужесточение требований, направленных на повышение пропускной способности контейнерных терминалов и уровня транспортно-логистического сервиса, привело к несоответствию эксплуатационных возможностей многих современных контейнерных терминалов текущим и перспективным потребностям транспортного рынка [122]. Поэтому для продолжения стабильного роста контейнерных перевозок в России особое внимание должно быть уделено терминально-логистической инфраструктуре.

Особые требования в контейнеризации мировой транспортной системы предъявляются к морским портам, выступающим в качестве ключевых узлов в системе материально-технического обеспечения обслуживаемых ими рынков. Они способствуют интеграции портовой терминально-логистической инфраструктуры в глобальную экономическую систему и служат для производства и окончательного распределения товарно-сырьевых потоков в обслуживаемом географическом регионе [158].

В России приоритетным направлением развития морского транспорта в ближайшие годы признано увеличение мощностей портовой инфраструктуры. Так, к основным проблемам в этой отрасли, сдерживающим процесс развития контейнеризации, относятся:

1. Ограниченные возможности территориального развития имеющихся портовых мощностей (например, крупнейший контейнерный терминал страны – «Первый контейнерный терминал» находится в центральной части города Санкт-Петербурга и практически не имеет территориального резерва для дальнейшего развития).

2. Дефицит портовых мощностей по перевалке контейнерных грузов из-за недостаточной их пропускной способности, а проектирование и ввод новых мощностей не успевает за ростом контейнеризации.

3. Дефицит площадей тыловых терминалов для создания зон консолидации, хранения, обработки и дистрибуции контейнерных грузов, с учётом последних требований логистики. В современных условиях порт должен нести только функцию перевалки грузов, все остальные логистические функции должны быть переданы тыловым терминалам, терминально-логистическим центрам, которые, в свою очередь, должны быть тесно связаны с портом транспортными магистралями.

4. Неравномерность развития портовой инфраструктуры по перевалке контейнеров и смежной инфраструктуры автомобильного и железнодорожного транспорта.

5. Недостаточность коммерчески привлекательных условий для развития контейнерного бизнеса, в частности, создание свободных экономических зон в портах, куда целесообразно привлекать основные контейнерные потоки внешней торговли и транзит.

6. Непредсказуемость сроков таможенного оформления экспортно-импортных контейнерных грузопотоков в портах страны. Сложности и непредсказуемый по времени срок таможенных процедур замедляют процесс обработки контейнеров, что отрицательно сказывается на качестве транспортно-логистических услуг. Необходимо совершенствование транспортно-таможенных технологий и существенное сокращение числа досмотров контейнеров (по статистическим данным, в мировой практике выборочному контролю подвергается не более 2-3 % всего контейнеропотока, тогда как в РФ в ряде случаев осуществляется почти сплошной контроль). Кроме того, таможенная процедура перемещения грузов – внутренний таможенный транзит, не очень удобна для тыловых терминалов, поскольку требует значительных временных затрат на оформление, привлечение таможенного перевозчика. Для того, чтобы обеспечить максимально быстрое



пересечение грузов и товаров через границу РФ, необходимо создать эффективный технологический процесс между портом и тыловым терминалом на основе единого таможенного коридора.

В целом, российский контейнерный рынок характеризуется низким уровнем развития региональной логистики, что препятствует росту объёмов контейнерных перевозок. Диспропорции между увеличивающимся спросом потребителей на качественные транспортно-логистические услуги и наличием современных терминально-логистических мощностей для их осуществления являются причиной высоких логистических издержек [187], несоответствия стратегическим целям внедрения современных логистических технологий управления перевозочным процессом.

Возникает ситуация, когда, с одной стороны, рынок не может развиваться без современной инфраструктуры. С другой стороны, инфраструктура не развивается, поскольку отсутствует тот объём грузопотока, который сделает рентабельным её развитие. В результате этого, основной поток контейнеризируемых грузов, который обслуживают терминально-логистические центры, по-прежнему концентрируется в московском регионе, из которого грузы направляются конечным потребителям в обработанном или перефасованном виде. Конечные потребители не получают необходимого объёма предложения качественных терминально-логистических услуг в своих регионах.

Поэтому российский импорт проходит через порты и сухопутные пограничные переходы и аккумулируется в нескольких федеральных центрах, в которых контейнеры растариваются, и после этого деконтейнеризированные грузы расходятся по России. Экспортные потоки поступают на внешний рынок наиболее коротким маршрутом из регионов к портам.

Ожидается, что в ближайшие годы импортные грузопотоки начнут смещаться к конечным местам потребления, и приблизятся к экспортным потокам. Таким образом, основной упор в создании современных объектов

терминально-логистической инфраструктуры будет сделан на города размером от 100 тыс. до 1 млн. человек.

В настоящее время на слабое развитие железнодорожных контейнерных перевозок влияет неразвитость железнодорожной терминальной инфраструктуры, отсутствие крупных логистических центров по переработке контейнерных грузов. Огромный потенциал России в области контейнерных перевозок сдерживается недостаточным развитием сети контейнерных терминалов, имеющих возможность работать с крупнотоннажными контейнерами, а также недостаточное техническое оснащение контейнерных терминалов в целом [122].

Материально-техническое обеспечение и терминальная инфраструктура контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте формировались для обращения и переработки среднетоннажных контейнеров, на которые с конца 40-х до середины 90-х годов прошлого века приходился основной объём перевозок грузов в контейнерах.

Рост обращения крупнотоннажных контейнеров и последующее за этим переоборудование контейнерных площадок происходило за счёт замены погрузочно-разгрузочных механизмов и, в основном, на тех же грузовых станциях, открытых для операций со среднетоннажными контейнерами. Поскольку материально-техническое обеспечение технологии переработки крупнотоннажных контейнеров существенно отличается от переработки среднетоннажных контейнеров, требовалась целенаправленная работа по закрытию или перепрофилированию действующих площадок, предназначенных для операций со среднетоннажными контейнерами. Однако такая работа не велась. Сформированная таким образом к концу 80-х годов прошлого века контейнерная терминальная база до настоящего времени в техническом, технологическом и структурном отношении осталась практически прежней. В связи с исключением из оперирования парка среднетоннажных контейнеров на сегодняшний момент большинство контейнерных площадок для операций со среднетоннажными контейнерами

стали не востребованными. При этом переход к укрупнению грузовых транспортных единиц в сегменте железнодорожных контейнерных перевозок привел ещё к значительному сокращению объёмов контейнерных грузопотоков, относящихся к малому и среднему бизнесу, и перераспределению их на автомобильный транспорт [125], [126], [127], [128], [129], [130], [131], [139], [142], [144].

В 2006 году ОАО «РЖД» создало независимую дочернюю компанию – ОАО «ТрансКонтейнер» (ПАО «ТрансКонтейнер»), являющейся ведущим железнодорожным оператором в РФ, предоставляющей широкий диапазон услуг по организации контейнерных перевозок и услуг в сфере логистики. За 12-летний период силами ПАО «ТрансКонтейнер» была проведена работа по улучшению оказания экспедиторских и логистических услуг, развитию и совершенствованию терминальной инфраструктуры. В настоящее время в активах компании 66 контейнерных терминалов, крупнейшие из которых находятся на ст. Базаиха, ст. Клещиха, ст. Батарейная, ст. Екатеринбург-Тов., ст. Батарейная, ст. Забайкальск. Данные терминалы относятся к системообразующим и базовым по качественным критериям соответствия требованиям рынка и имеют возможности в переработке и хранении до 5000 контейнеров ДФЭ, отправке по несколько контейнерных поездов в сутки.

Однако, необходимо отметить, что контейнерные терминалы (площадки), являясь имущественно-технологическими комплексами станций, в отношении создания транспортно-логистической услуги играют ограниченную роль.

Основным недостатком существующей технологии контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте, оказывающим значительное влияние на время перевозки контейнерных грузов, являются длительные технологические и межоперационные простои вагонов с контейнерами (под операциями расформирования, накопления, ожидания подачи на контейнерную площадку, ожидания уборки с контейнерной площадки, подачи и уборки вагонов на контейнерную площадку, ожидания формирования и пр.).

При этом, основными причинами длительных простоев являются наличие «информационного разрыва» во взаимодействии обслуживающей станции и контейнерных площадок, а также их технологическая зависимость. В целом, до 70 % всех затрат времени на перевозку контейнерные грузы находятся на терминалах.

Вследствие неразвитой станционной инфраструктуры, а также грузовых фронтов большинство существующих контейнерных терминалов на железнодорожном транспорте не способны осуществлять работу с полносоставными контейнерными поездами, либо группами не менее 30 условных вагонов, что ограничивает реализацию нового подхода поточной (непрерывной) переработки контейнеров, основанной на технологии организации на сети железных дорог консолидации и доставки контейнерных отправок в составе контейнерных поездов различных категорий.

При этом в рамках существующей инфраструктуры КТС сложно обеспечить интеграцию комплексных технологических процессов перевозки и терминальной обработки контейнеров.

Из проведенного анализа ситуации очевидно, что российская КТС пока находится на первичном этапе формирования инфраструктуры, ориентируемом, как правило, на строительство складских мощностей класса А и В в различных регионах страны, без разработки общей концепции развития цепи поставок контейнерных грузов. Очевидно также, что логистических и распределительных центров, терминальных комплексов, проекты которых созданы без системного подхода к развитию КТС страны, не сбалансированы должным образом с развитием центров промышленного производства, локализацией потребительского спроса [135], а также контейнерных площадок, модернизируемых усилиями ПАО «ТрансКонтейнер», совершенно недостаточно. Помимо этого, многие объекты контейнерной инфраструктуры находятся на границе технических и технологических возможностей и не могут удовлетворять современным потребностям транспортного рынка. Как следствие, дальнейшее развитие КТС

РФ неизбежно будет сопровождаться развитием контейнерной инфраструктуры.

#### 1.4.3 Развитие организации технологии контейнерных поездов

В настоящее время на рынке железнодорожных контейнерных перевозок клиентам предлагаются 4 основных вида транспортных продуктов [81]:

- одиночные и групповые перевозки контейнеров, которые осуществляются на все станции, открытые для работы с контейнерами, с маршрутной скоростью от 75 до 450 км в сутки [81];

- перевозки в контейнерных поездах между станциями, на которых расположены крупнейшие контейнерные терминалы (в основном экспортно-импортные или транзитные, реже внутренние перевозки) с маршрутной скоростью 800-900 км в сутки [81];

- перевозки по технологии «Транссиб за 7 суток» ускоренными контейнерными поездами с поэтапным повышением маршрутной скорости до 1500 км в сутки;

- услуги транспортно-логистического сервиса.

Серьезным конкурентом железнодорожному транспорту в освоении контейнерных перевозок является автомобильный транспорт, осуществляющий доставку с маршрутной скоростью 500-700 км в сутки. Его существенным преимуществом перед железнодорожным транспортом являются своевременная отправка контейнеров, доставка грузов по непрерывной схеме «от двери до двери», более выгодные тарифы на расстояния до 1200-2000 км.

Основные контейнерные потоки обслуживаются морским транспортом, и пока железнодорожный транспорт не может составить ему конкуренцию в

национальном масштабе, несмотря на то, что тенденций последнего десятилетия является опережающий рост железнодорожных контейнерных перевозок по сравнению с морскими перевозками. Морской транспорт доставляет контейнерные грузы с маршрутной скоростью 500-550 км в сутки. Основным его преимуществом является стоимость перевозки, которая ниже в 1,5 - 2 раза, при этом морские маршруты следования в 2-3 раза длиннее железнодорожных.

К числу основных проблем существующих транспортных продуктов в сфере железнодорожных контейнерных перевозок можно отнести [81]:

- относительно низкая маршрутная скорость по большинству осуществляемых перевозок;
- недостаточная ценовая конкурентоспособность перевозок контейнеров, особенно на расстоянии менее 2000 км;
- недостаточный ассортимент и качество сервиса экспедиторских услуг;
- сложность в организации курсирования контейнерных поездов по новым маршрутам и их формирования - расформирования;
- недостаточная техническая оснащённость терминалов, неготовность терминалов к работе с полносоставными поездами;
- недостаточная степень интеграции со смежными видами транспорта и портами и др.

В свою очередь, ранее отмеченные тенденции мирового товарооборота ставят перед российскими железнодорожными и транспортными компаниями актуальную задачу – осуществление доставки грузов между Европой и Азией максимально быстро и на качественном уровне, соответствующем требованиям клиентов. В этих условиях возрастает актуальность одного из наиболее эффективных способов доставки грузов – контейнерными поездами.

За последнее десятилетие объём перевозок в контейнерных поездах по сети ОАО «РЖД» вырос в 3,9 раза и в настоящее время составляет более 1 млн. 17 тыс. контейнеров ДФЭ, а количество поездов составило более 9 тыс. в год,

из которых более половины проследуют по Транссибирской магистрали. Для контейнерных поездов в действующем нормативном графике движения предусмотрено 459 расписаний, из них 100 – по Транссибу [86].

По номенклатуре грузов в контейнерных поездах больше всего перевозится продукция целлюлозно-бумажных комбинатов (ЦБК) (2,4 млн. т), химикаты (1,5 млн. т), порожние контейнеры (1,5 млн. т), автомобильные комплектующие (1,2 млн. т) [33].

Перевозки контейнерными поездами развиваются наиболее интенсивно в направлениях экспортных (57,6%), импортных (52,4%) и транзитных (31,6%) грузопотоков. На внутрироссийских направлениях их доля существенно ниже (около 18%).

Очевидно, что доминирующими факторами успешного присутствия на рынке контейнерного бизнеса является качество предоставляемых услуг (скорость и своевременность перевозки). В 2014 году средняя маршрутная скорость контейнерных поездов на сети ОАО «РЖД» составила 929 км/сут с ростом к предыдущему году на 68 км/сут [86].

Кроме того, реализуется проект по обеспечению скоростной доставки контейнеров из дальневосточных портов к западным границам России, который получил название «Транссиб за 7 суток». Его основной целью является реализация транспортного потенциала холдинга ОАО «РЖД» и закрепление за компанией статуса трансконтинентального перевозчика [86].

В рамках проекта уже более 5 лет практически ежедневно курсируют ускоренные контейнерные поезда, время следования которых по графику составляет менее 8 суток, а маршрутная скорость достигает 1200 км/сут, что соответствует параметрам скорого пассажирского поезда [86]. В свою очередь, целевым параметром проекта является достижение маршрутной скорости контейнерных поездов до 1500 км/сут.

Говоря об ускорении движения контейнерных поездов, представляют интерес данные по динамике скоростей движения грузовых поездов, вагонов

и грузов на отечественных железных дорогах за последние 100 лет (с 1913 по 2012 г.) [217]:

- среднегодовые темпы прироста скоростей составили: технической – 0,7%, продвижения грузового вагона – 1,4%, участковой - 1%, доставки 1 т груза – 1,2%;

- рост участковой скорости обеспечивался в основном за счёт увеличения технической скорости;

- разрыв между технической и участковой скоростями, обусловленный простоями поездов на станциях, в последнее время возрастает. По результатам работы ОАО «РЖД» за 2015 год отношение установленной и технической скоростей составляет примерно 1,7 – 1,94;

- скорость доставки грузов более чем в 4 раза ниже технической скорости;

- повышение скорости доставки грузов может осуществляться за счёт увеличения технической скорости движения поездов и снижения простоев на станциях;

- повышение технической скорости приводит к дополнительным затратам топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов и дополнительным расходам на техническое обслуживание объектов инфраструктуры [217].

В свою очередь, необходимо помнить, что одним из главных требований грузовладельцев является своевременность доставки грузов. При этом расходы грузополучателей стремятся к минимуму только в случае гарантированной доставки согласно нормативному сроку, который в ряде случаев не удовлетворяет условию минимизации эксплуатационных затрат на перевозку.

Так, для контейнерных поездов следует рассматривать направления повышения маршрутных скоростей продвижения. Маршрутная скорость учитывает затраты времени на продвижение контейнерного поезда от станции формирования до станции назначения. При этом для объёмов контейнерных



перевозок целесообразна отражающая технологию перевозок величина этой скорости.

Принципиальным организационно-технологическим признаком контейнерного поезда является выделение каждому такому поезду отдельного расписания движения (нитки графика). Значительная часть контейнерных поездов курсируют в соответствии с действующими планами формирования (ПФ) и графиком движения поездов (ГДП). То есть, расписания движения этой части контейнерных поездов включены в ПФ и ГДП. Но, в то же время, немалое количество контейнерных поездов включаются в ГДП помимо ПФ, на основании телеграфных указаний ОАО «РЖД».

В соответствии с п. 2.1.2. Инструкции по организации поездной работы при отправлении грузовых поездов по твердым ниткам графика (утв. ОАО «РЖД» от 19.12.2006), в ГДП в систематическом порядке прокладываются нитки графика («твердые нитки графика»), предназначенные для проследования контейнерных поездов. Причем предоставление под контейнерный поезд гарантированных ресурсов инфраструктуры в форме твердых ниток графика рассматривается в ОАО «РЖД» как своего рода принцип, и отражено в нескольких корпоративных актах.

Движение контейнерного поезда по графику нашло отражение в определении сроков доставки грузов при перевозке их контейнерными поездами. В телеграмме ОАО «РЖД» от 17.08.2009 N ЦФТОЦП-20/40/ЦФ/ЦМТП указывается, что «при перевозке грузов в составе ускоренных поездов, расписания которых объявляются телеграммами ОАО "РЖД"... Срок доставки грузов в составе указанных ускоренных поездов должен определяться, исходя из времени нахождения поезда в пути следования, по утвержденному графику от станции отправления до станции назначения...».

Основные организационно-технологические параметры контейнерных поездов на сети российских железных дорог приведены в таблице 1.2 [33].

Таблица 1.2 – Основные организационно-технологические параметры контейнерных поездов

Организационно-технологические параметры	Организационно-технологические требования
Формирование контейнерного поезда (КП)	На железнодорожных путях необщего пользования организатора КП или на станции отправления силами перевозчика
Уборка вагонов на станцию отправления для формирования КП	За ограниченное время (1-2 суток) и ограниченным числом подач (3 – 5)
Весовая норма и длина поезда	Не более, чем 3,4 тыс. тонн; 71 условный вагон или 57 вагонов
Пропуск КП по сети железных дорог	На основании ПФП или отдельной телеграммы ОАО «РЖД» по установленному расписанию (нитке графика)
Скорость движения КП	Выше, чем скорость при отправке груза «большой скоростью». Приоритетность пропуска КП на уровне пассажирских поездов
Срок доставки грузов, перевозимых в КП	Определяется не по Правилам исчисления сроков доставки грузов, а по графику движения КП

Таким образом, одним из основных показателей эксплуатационной работы является скорость продвижения контейнерного поезда от станции отправления (погрузки) до станции назначения (выгрузки), которая в большей степени зависит от продолжительности выполнения начально-конечных операций, а также стоянок на технических станциях. Сокращение технологических элементов простоя, в частности непроизводительного, позволит повысить маршрутную скорость движения контейнерных поездов, а также качество выполнения железными дорогами утвержденных нормативных документов – графика движения поездов и плана формирования грузовых поездов.

Следует также отметить, что одним из основных организационно-технологических параметров контейнерных поездов на сети российских железных дорог является весовая норма и длина поезда. Существующая на сегодняшний момент технология маршрутизации контейнерных перевозок предполагает организацию курсирования контейнерных поездов только при стабильном высокоинтенсивном контейнеропотоке. В соответствии с распоряжением от 2014 года № 6406 ОАО «РЖД» на сети были установлены унифицированные нормы веса и длины для ускоренных контейнерных поездов весом от 6000-6300 тонн в зависимости от дороги формирования и назначения, а также длиной - 71 условный вагон.

Однако строгое соблюдение требований при формировании контейнерного поезда длиной в 71 условный вагон приводит к некоторым проблемам. Во-первых, не обеспечивается интенсивное наращивание железнодорожным транспортом объёмов перевозок грузов в контейнерах, а на отдельных направлениях строгое соблюдение унифицированных весовой нормы и длины приводит к переключению контейнеропригодных грузов на альтернативные виды транспорта. Помимо этого, на пути следования ряда маршрутов существуют технологические ограничения инфраструктуры, не позволяющие пропускать маршрутные поезда увеличенной длины и/или веса. В связи с этим, в соответствии с распоряжением от 01.02.2018 года № 176/р, при наличии технологической и экономической целесообразности, ОАО «РЖД» сохранило возможность назначения междорожных контейнерных отправительских маршрутов весом и длиной меньше установленных.

Также, к причинам, сдерживающим развитие ускоренных контейнерных перевозок, относятся дефицит тягового подвижного состава и локомотивных бригад, вследствие чего уменьшается пропускная способность сортировочных и участковых станций, неэффективные технологические процессы обработки поездов в пути следования, в том числе из-за неравномерности подвода транзитных поездов под обработку на сортировочные станции, некорректное составление и разработка графика движения грузовых поездов в увязке с

пассажирскими поездами. На пропускную способность большего количества станций и контейнерных терминалов, участвующих в формировании, расформировании, технической обработке контейнерных поездов, влияет отсутствие возможности работы с полносоставными поездами, что приводит к излишним маневровым передвижениям, а также завышенным технологическим и межоперационным простоям вагонов и контейнеров.

Таким образом, к приоритетным мероприятиям по реализации технологии консолидации и доставки одиночных и групповых контейнерных отправок в составе контейнерных поездов относится, прежде всего, обеспечение технической и технологической готовности инфраструктуры КТС.

При этом необходимы координация объёмов перевозок с существующими возможностями контейнерных терминалов; категорирование контейнерных терминалов и контейнерных поездов с их функциональными и технологическими возможностями; создание сети контейнерных терминалов, способных обеспечить весь комплекс услуг по переработке контейнерных грузов, и подъездные пути которых способны принимать полносоставные поезда; формирование сети регулярного сообщения контейнерных поездов различных категорий, включая неунифицированного веса и длины; интеграция перевозочного и процесса терминальной обработки контейнеров в рамках комплексной услуги перевозчика «терминал-терминал» [131], [132], [146], [148].

SWOT – анализ технических, технологических возможностей и состояния железнодорожной КТС представлен на рисунке 1.2.

В целом, уровень развития технологий контейнерных перевозок и инфраструктуры КТС является недостаточным для интенсивного наращивания объёмов перевозок грузов в контейнерах и обеспечения контейнеризации грузопотоков, а также удовлетворения потребностей клиентов к качеству транспортно-логистических услуг.

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– относительно низкий тариф при перевозках на большие расстояния;</li> <li>– отсутствие реальных альтернатив для некоторых маршрутов перевозок;</li> <li>– высокая маршрутная скорость ускоренных контейнерных поездов, особенно в транзитном сообщении;</li> <li>– эксплуатационные затраты на расстояние перевозок более 1000 км ниже, чем у автотранспорта;</li> <li>– возможность достаточно эффективно осуществлять массовые перевозки контейнеров;</li> <li>– повышенная сохранность перевозимых грузов в контейнерах;</li> <li>– расширение номенклатуры перевозимых грузов за счет развития технологий контейнеризации;</li> <li>– высокая экологическая эффективность перевозок.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– низкий уровень контейнеризации грузопотоков;</li> <li>– низкая доля транзитных перевозок контейнеров по территории РФ;</li> <li>– недостаточная техническая оснащённость терминалов, неготовность терминалов к работе с полноставными поездами;</li> <li>– региональная неравномерность развития терминально-логистических объектов;</li> <li>– ограниченное развитие перевозок грузов в контейнерах, в частности экспорта из основных промышленных регионов, в связи с нехваткой контейнерных терминалов;</li> <li>– отсутствие современной терминальной инфраструктуры, соответствующей текущим и перспективным потребностям перевозок грузов в контейнерах;</li> <li>– обособленность и разобщенность технологий работы железнодорожных станций и контейнерных терминалов;</li> <li>– основные фонды железнодорожного транспорта, в частности погрузочно-разгрузочное оборудование, обновляются недостаточными темпами.</li> </ul>
<b>Возможности</b>	<b>Риски</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– повышение качества сервиса компаний холдинга «РЖД»;</li> <li>– повышение эффективности мультимодальных перевозок;</li> <li>– динамическое развитие внешнеторговых связей;</li> <li>– снижение транспортной составляющей в конечной цене продукции;</li> <li>– сокращение потребности в крытых складах благодаря возможности открытого хранения контейнеров;</li> <li>– ускоренное продвижение груза и товаропотоков;</li> <li>– смещение импортных грузопотоков к конечным местам потребления;</li> <li>– интеграция производственных, складских и распределительных систем на основе «сквозного» применения контейнерных технологий;</li> <li>– расширение применения контейнеров для грузов различной номенклатуры;</li> <li>– повышение конкурентоспособности транспортной системы РФ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– трудность привлечения частного капитала девелоперов для развития инфраструктуры, в связи с непрозрачностью рынка;</li> <li>– отсутствие ярко выраженного спроса на аренду контейнерных терминалов;</li> <li>– высокая стоимость модернизации объектов терминально-логистической инфраструктуры;</li> <li>– увеличение бюджетных инвестиций в развитие автодорожной сети при недостатке средств на развитие железнодорожной инфраструктуры;</li> <li>– инфраструктурные ограничения для увеличения числа контейнерных поездов и/или повышения скорости их движения;</li> <li>– усиление дисбаланса потока груженых и порожних контейнеров;</li> <li>– снижение ставок на морские перевозки контейнеров в международном сообщении.</li> </ul>

Рисунок 1.2 - SWOT – анализ технических, технологических возможностей и состояния железнодорожной КТС

## 1.5 Выводы по главе

1. В работе проведён аннотированный библиографический анализ основных отечественных работ, относящихся к тематике настоящего исследования. Указаны публикации и авторы, внесшие вклад в становление отечественной КТС. По каждой крупной категории задач дан обзор современного состояния научно-методического базиса их решения.

2. Систематизирована и обобщена практика инновационных технологий мировой КТС. Обозначены её основные направления внедрения технических и технологических инноваций, такие как

- снижение энергетических затрат и себестоимости на единицу транспортной продукции за счёт увеличения грузоподъёмности судов контейнеровозов;

- введение в обращение контейнеров новых конструктивных типов (типоразмеров) и увеличение их размеров;

- расширение использования специализированных контейнеров ИСО;

- увеличение объёмов перевозок контейнеров на основе расширения номенклатуры перевозимых в них грузов;

- развитие автоматизации и повышение производительности погрузочно-разгрузочных машин и оборудования контейнерной индустрии;

- развитие пропускных и перерабатывающих способностей объектов терминально-логистической инфраструктуры;

- автоматизация технологических операций с контейнерами и грузами, технологического процесса, а также автоматизация управления всего контейнерного терминала;

- развитие прогрессивных транспортно-технологических систем на базе создания новых типов контейнерных терминалов;

- сокращение времени нахождения грузов на контейнерных терминалах, а также расходов на маневровые и погрузочно-выгрузочные операции;

- развитие ускоренных грузовых перевозок железнодорожным транспортом, в том числе контейнерных поездов.

3. Сформулированы движущие причины развития мировой КТС: глобализация и рост международной торговли (увеличение доли полуфабрикатов и готовой продукции в грузообороте); изменения структуры и направлений грузоперевозок; географическая поляризация центров производства и потребления; развитие существующих и новых международных транспортных коридоров; расширение перечня контейнеропригодных грузов, связанное с развитием технологий контейнеризации.

4. Выявлены и проанализированы основные технические и технологические проблемы инфраструктуры контейнерных перевозок, к числу которых, прежде всего, можно отнести следующие: дефицит современных объектов транспортно-логистической инфраструктуры, соответствующих потребностям перевозок грузов в контейнерах; недостаточная пропускная способность существующих терминально-логистических объектов; низкие темпы внедрения современных транспортно-логистических технологий в перевозочный процесс, в том числе внутренних перевозок контейнерными поездами; разобщенность и обособленность технологических процессов работы железнодорожных станций и контейнерных терминалов; существующие технологии по перевозке и обработке контейнерных грузов не отвечают требованиям потребителей транспортно-логистических услуг по качеству и надежности; отсутствие комплексного подхода при предоставлении транспортно-логистических услуг по перевозке контейнеров с учётом интеграции отдельных составляющих процесса перевозки в единую логистическую цепочку и взаимодействия различных видов транспорта; недостаточное развитие транспортно-логистической и таможенно-брокерской

деятельности (отсутствие условий для осуществления координации и эффективного взаимодействия различных видов транспорта через логистические центры, недостаточное развитие таможенно-брокерского обслуживания); высокий уровень износа основных фондов железнодорожного транспорта.

5. Одним из направлений, связанным с повышением эффективности организации контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте, стало внедрение новых высокотехнологичных транспортных продуктов, таких как контейнерные поезда. К приоритетным мероприятиям по эффективной их организации относится, прежде всего, обеспечение технической и технологической готовности инфраструктуры КТС. При этом необходимы координация изменившейся структуры и направлений грузоперевозок с существующими эксплуатационными возможностями контейнерных терминалов; категорирование контейнерных терминалов и контейнерных поездов с их функциональными и технологическими возможностями; создание сети контейнерных терминалов, способных обеспечить весь комплекс услуг по переработке контейнерных грузов и технологию работы с полносоставными контейнерными поездами; формирование сети регулярного сообщения контейнерных поездов различных категорий, включая неунифицированного веса и длины; комплексная интеграция технологических процессов перевозки и терминальной обработки контейнеров.

6. В результате проведенного системного анализа существующей теории и практики организации переработки контейнеров на транспорте были выявлены изменения в работе грузовой транспортной системы России, коррелирующиеся с Транспортной стратегией РФ и Стратегией развития железнодорожного транспорта на период до 2030 года. Новые подходы в сфере контейнерных перевозок требуют совершенствования научно-методической базы. Вместе с объективными изменениями основ контейнерного бизнеса РФ, важно отметить изменяющиеся тенденции на рынке грузоперевозок в части изменений направления, мощности и структуры



контейнеризируемых грузов. Кроме того, в условиях сервисной экономики, ориентированной на товарооборот с высокой удельной стоимостью, наблюдается тенденция к ужесточению требований к качеству и надежности предоставляемых транспортных услуг, в том числе к сокращению и соблюдению сроков доставки, обеспечению сохранности перевозимых грузов, полноте и доступности транспортных услуг, снижению транспортных издержек. Данные обстоятельства подтверждают необходимость разработки *методологии организации функционирования КТС РФ*, обеспечивающей достижение конкурентных преимуществ на рынке транспортных услуг в изменившихся современных условиях.

## **2 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНТЕЙНЕРНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИНЦИПАХ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТИ**

### **2.1 Основные направления деятельности по развитию контейнерно-транспортной системы в РФ**

Контейнерно-транспортная система (КТС) представляет собой организационно-технический комплекс, действующий на единой основе планирования и учета, согласованных технологических и унифицированных коммерческо-правовых норм перевозок, применения стандартных контейнеров, соответствующих им технических средств и обеспечивающий эффективную доставку грузов одним или несколькими видами транспорта от мест производства до мест потребления во внутренних и международных сообщениях [29].

Формирование и функционирование КТС должно обеспечивать рациональное сочетание отраслевых принципов работы транспорта с общетранспортными в интересах всей экономики страны.

Основными целями развития КТС в РФ является повышение конкурентоспособности транспортного комплекса России за счёт улучшения качества транспортно-логистических услуг, снижения их удельного веса в себестоимости конечной продукции и увеличения экспорта транспортных услуг.

Исходя из общих функций КТС и в целях обеспечения четкого взаимодействия её звеньев в общетранспортной логистической цепи, можно выделить основные задачи развития КТС РФ, которыми являются следующие:

- ориентация транспортного рынка страны на наиболее выгодные и экологически чистые технологии, к которым относятся контейнерные перевозки;

- приоритетное развитие основных опорных морских терминалов, стимулирующих привлечение дополнительных грузопотоков, создание новых специализированных контейнерных портовых мощностей в основных бассейнах РФ;

- создание сети терминалов, объектов автомобильной и железнодорожной инфраструктуры, предоставляющих весь комплекс логистических услуг;

- формирование региональных мультимодальных дистрибутивных центров для устранения неравномерности развития контейнерных перевозок;

- повышение пропускной способности существующих портовых логистических центров и объектов инфраструктуры смежных видов транспорта;

- создание необходимых условий для развития внутренних, транзитных и внешнеторговых контейнерных перевозок.

Россия была одной из первых стран внедрения технологии контейнерных перевозок, что выразилось в массовом использовании в 60-70-х гг. XX века (первая волна «контейнерной революции») контейнеров в перевозочном процессе, стандартизации и унификации их типов, строительстве соответствующей инфраструктуры. Однако наша страна своевременно не встроилась в интеграционный и глобализационный процессы на мировом транспортном рынке, которые можно обозначить как вторую волну «контейнерной революции», приходящуюся на конец XX века. Данный период характеризуется интенсивным увеличением доли перевозок в контейнерах в грузопотоках международной торговли, изменением структуры и направлений контейнеропотоков, снижением стоимости перевозки, связанное с развитием новых технологий контейнеризации. В свою очередь, причины отставания российского контейнерного рынка обусловлены

несбалансированностью и неэффективностью транспортно-технологической инфраструктуры, отсутствием современной сети логистических центров, диспропорциями развития различных видов транспорта, несоответствием уровня качества транспортно-логистического обслуживания международным требованиям.

Основными регионами формирования контейнерных грузопотоков традиционно являются Азия, Западная Европа, США. На Евро-Азиатском континенте основные грузопотоки формируются на Востоке в направлении Запада. Доминирует в мировом контейнерном экспорте Китай. Лидерами мирового контейнерного бизнеса являются страны Азиатско-Тихоокеанского региона. К крупнейшим мировым портам по объёму перевалки контейнеров относятся Шанхай, Сингапур, Шэньчжэнь, Гонгконг, Нинбо, Пусан, Циндао, Гуанчжоу, Тяньцзинь.

Ожидается, что основные тенденции рынка контейнерных перевозок, включая снижение издержек, глобализацию рынка, контейнеризацию грузов, снижение стоимости перемещения контейнеров, будут сохраняться в ближайшие десятилетия. Прогнозируется, что мировой рынок контейнерных перевозок будет расти на 4-8 % в год (*по данным компании Drewry*). При этом, в настоящий момент российский контейнерный рынок составляет около 0,3-0,4% суммарного оборота мирового контейнерного рынка и практически на него не влияет.

Для рынка контейнерных перевозок характерна сравнительно высокая степень концентрации, при которой на рынке доминируют крупнейшие игроки, превратившиеся в транснациональные корпорации. Следует отметить, что ни одна отечественная компания, кроме ОАО «РЖД», не сопоставима с ними по масштабу бизнеса, имеющимся финансовым и материальным ресурсам, клиентской базе и уровню оптимизации бизнес-процессов [122]. Поэтому, именно, железнодорожный транспорт, составляющий основу транспортной системы России, должен являться движущей силой в развитии отечественного контейнерного рынка

При выборе направлений деятельности по развитию железнодорожных контейнерных перевозок в настоящей работе принималось во внимание то, что они должны соответствовать основным приоритетам и задачам, которые отражены в отраслевых программных документах и транспортных концепциях РФ.

Кроме того, в основу разработки комплекса мероприятий были положены следующие принципы:

- нацеленность на интенсивное наращивание объёма контейнерных перевозок;
- использование выгодного географического положения России;
- обеспечение эффективной интеграции различных видов транспорта, а также инфраструктуры терминально-логистических мощностей;
- внедрение современных логистических технологий перевозок для удовлетворения растущих требований клиентов транспорта к качеству перевозки грузов, а также для роста пропускной способности существующих терминально-логистических комплексов;
- ориентация на системный подход к развитию контейнерно-транспортной системы, включая создание объектов терминально-логистической инфраструктуры.

Так, к основным направлениям деятельности по развитию КТС РФ необходимо отнести следующие (рис. 2.1):

- создание единой национальной сети контейнерных терминалов, обеспечивающей клиентам полный цикл логистических услуг, снижение транспортных издержек, а также объединяющей объекты инфраструктуры различных видов транспорта;
- внедрение единых нормативно-правовых и организационно-технических стандартов и систем информационного взаимодействия всех участников рынка контейнерных перевозок. При возрастании контейнерного грузооборота современные контейнерные терминалы должны соответствовать единым информационным стандартам;

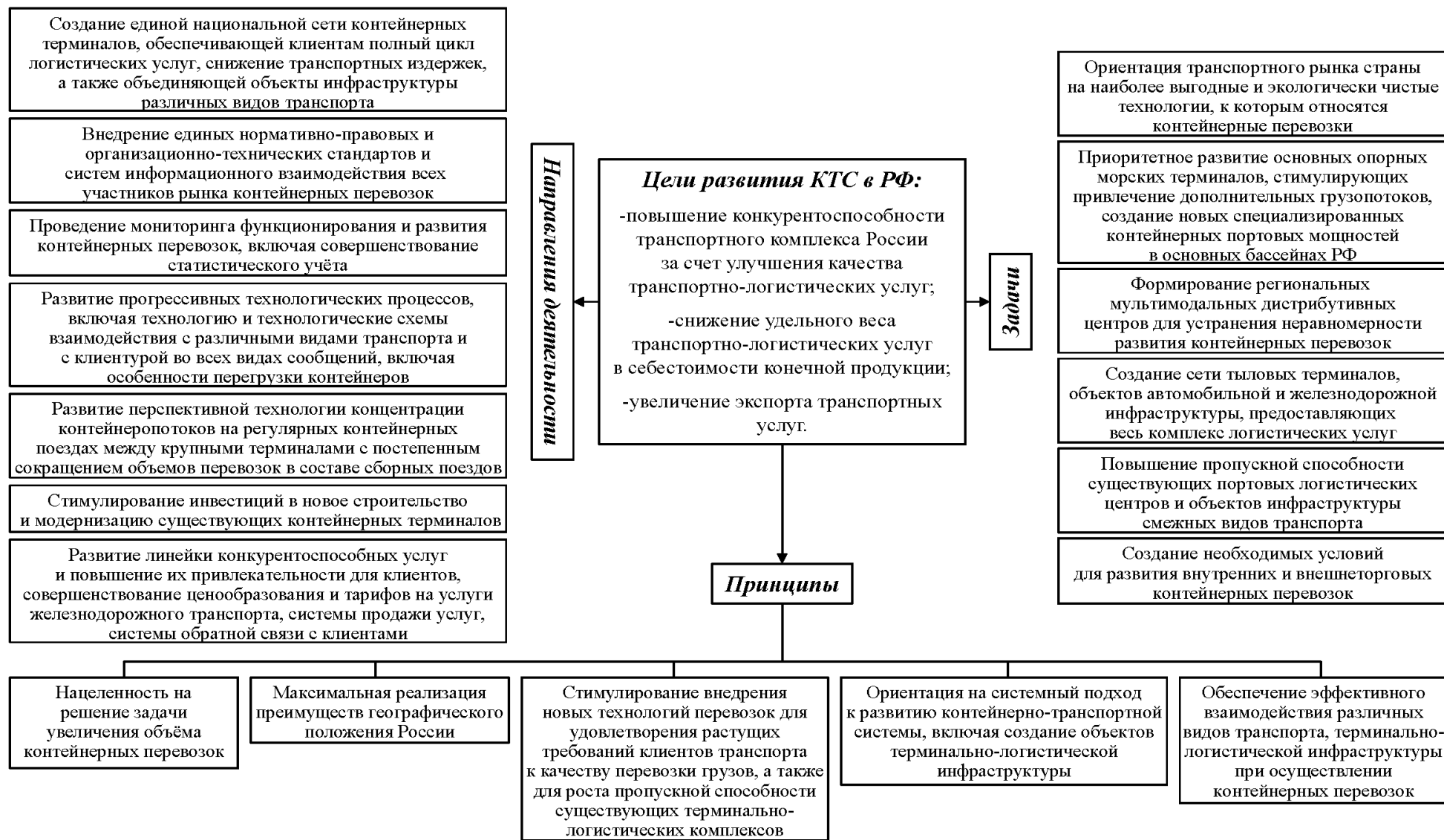


Рисунок 2.1 – Цели, принципы, задачи и основные направления деятельности по развитию КТС РФ

- проведение мониторинга функционирования и развития контейнерных перевозок, включая совершенствование статистического учёта. Необходима стандартизация учёта контейнерных и контейнеропригодных грузов, которая бы позволила определять «узкие места» соответствующей транспортно-логистической инфраструктуры, что, в свою очередь, позволит оперативно принимать управленческие решения;

- развитие прогрессивных технологических процессов, включая технологию и технологические схемы взаимодействия с различными видами транспорта и с клиентурой во всех видах сообщений, включая особенности перегрузки контейнеров. Развитие контейнерных перевозок грузов, помимо развития терминально-складской инфраструктуры, требует использования новых логистических схем доставки грузов, повышающих мультимодальность перевозок;

- внедрение технологии массовой маршрутизации контейнерных перевозок на основе регулярных сообщений;

- стимулирование инвестиций в новое строительство и модернизацию существующих контейнерных терминалов. Одной из основных задач является формирование механизмов управления инвестиционными проектами на условиях государственно-частного партнерства. Решение этой задачи предусматривает реализацию комплекса мероприятий по разработке проектной и конкурсной документации, включая организацию проектно-исследовательских работ для строительства комплексных объектов транспортной инфраструктуры, отработку механизмов использования различных форм государственно-частного партнёрства, утверждение типовых документов, создание банка данных перспективных проектов, привлечение ведущих российских банков к реализации проектов в транспортном секторе. На сегодняшний день большинство проектов по развитию региональных логистических центров, портовых мощностей, инфраструктуры различных видов транспорта развивается либо в рамках Федеральных целевых программ, либо в зависимости от частных интересов конкретных компаний или

контейнерных операторов. Для успешного развития железнодорожных контейнерных перевозок с учётом прогнозируемого роста объёмов перевозок и контейнеропригодной добываемой/производимой продукции необходимо единое планирование создания терминально-логистической инфраструктуры при непосредственном участии государства;

- развитие клиентоориентированного подхода в предоставлении транспортно-логистических услуг, совершенствование ценообразования и тарифов на железнодорожные контейнерные перевозки, систем продажи услуг и обратной связи с клиентами.

## 2.2 Разработка концептуальной модели формирования терминально-логистической инфраструктуры для целей долгосрочного планирования национальной контейнерно-транспортной системы

### 2.2.1 Общие положения

Разработка стратегических решений по развитию терминально-логистической инфраструктуры железнодорожного транспорта и формирование индикативных планов её развития в настоящем исследовании рассматривается с точки зрения решения государственной задачи для целей долгосрочного планирования национальной КТС.

В научной литературе и в практике [1], [15], [30], [67], [81], [82] к настоящему времени сложилось устойчивое представление об инфраструктуре КТС, прежде всего, как о совокупности терминально-логистических объектов различного назначения и различной мощности.

Сети путей сообщения различных видов транспорта, развитие которых определяется факторами более высокого порядка, чем перевозки контейнеров, в понятие инфраструктуры КТС, как правило, не включаются [212].



Системы управления переработкой и движением контейнеров, включая необходимые информационные технологии, опираются на универсальные национальные и глобальные сети передачи данных или являются частью информационно-управляющих комплексов различных видов транспорта.

Таким образом, основным объектом исследований в инфраструктуре КТС является система терминально-логистических объектов.

Согласно официальному документу ООН «Терминология комбинированных перевозок» [205], понятие «терминал» (terminal) означает «место, оборудованное для перевалки и хранения интермодальных транспортных единиц» (контейнеров, контрейлеров, сменных кузовов). В свою очередь, понятие «логистический центр» (в терминологии различных авторов и различных стран – также logistic centre, freight village, interporto, distriport) - это «территориальное объединение независимых компаний и органов, занимающихся грузовыми перевозками (например, транспортных посредников, грузоотправителей, операторов перевозок, таможенных органов) и сопутствующими услугами (например, по хранению, техническому обслуживанию и ремонту), включающее, по меньшей мере, один терминал».

Вместе с тем, контейнерные терминалы в составе логистических центров играют в настоящее время роль ключевых звеньев системы макрологистики, во многом определяя развитие товаропроводящей системы в целом. Они обеспечивают укрупнение и оптимальное перенаправление грузопотоков, формирование, развитие и стыковку международных и национальных транспортных коридоров, эффективное взаимодействие различных видов транспорта, предоставление грузовладельцам и транспортным операторам значительного объёма дополнительных неперевозочных и нетранспортных услуг [212]. Согласно имеющимся аналитическим данным [233], через объекты данного типа проходит до 70-80% всего мирового контейнеропотока.

В силу действия перечисленных факторов подобные объекты имеют не только общетранспортную, но и общеэкономическую значимость. Поэтому

формирование системы подобных объектов осуществляется, в значительной мере, под контролем государства. Другой предпосылкой участия государства в их создании является высокая единичная капиталоемкость объектов этой группы, которая, как правило, на порядок превышает капиталоемкость терминалов отдельных видов транспорта и терминалов необщего пользования. Прерогативой государства является долгосрочное индикативное планирование, а в ряде случаев - доленое (инициирующее) финансирование соответствующих проектов и стимулирование концентрации транспортного бизнеса в определенных узлах транспортной сети [212].

Таким образом, при создании терминально-логистической инфраструктуры КТС для целей стратегического планирования в настоящем исследовании рассматриваются контейнерные терминалы (КТ) в составе логистических центров.

Необходимо отметить, что существующая инфраструктура и технология работы КТС формировались под задачи плановой экономики. С переходом на рыночные условия, отменой государственного заказа на перевозки и отменой государственной монополии на внешнюю торговлю были потеряны налаженные производственные связи, изменились в объемных показателях направления грузопотоков, а, следовательно, и загрузка многих контейнерных терминалов [136].

В настоящее время реконструкция и развитие инфраструктуры КТС является актуальной задачей, связанной не только с поиском оптимальных мест размещения терминальных объектов, но также с их количеством и требуемой мощностью [136], [137], [138], [139], [140].

Ранее, в первой главе исследования, отмечалось, что на железнодорожном транспорте разрабатываются и внедряются новые высокотехнологичные транспортные продукты, основанные на максимальной маршрутизации контейнерных перевозок, и комплексным поэтапным переходом на организацию движения грузовых поездов по расписанию. Вместе с тем, реализация данных технологий испытывает трудности,

обусловленные неготовностью (как в техническом, так и в технологическом плане) терминальной инфраструктуры КТС [136].

Анализ грузопотоков показывает, что основная доля формируемых в настоящее время контейнерных поездов, следующих в международном, транзитном и местном сообщениях, - это поезда «одного клиента», или, другими словами, сервис, оказываемый конкретному грузоотправителю и грузополучателю с оговоренными объемами, сроками, частотой курсирования и тарифами. Сюда, например, можно отнести сервис, который предоставляется автосборочным предприятиям, производителям электроники, крупным торговым сетям. Однако число таких клиентов ограничено, соответственно делать ставку только на них, говоря о дальнейшей маршрутизации контейнерных перевозок и перспективах их развития, нецелесообразно [136].

Основная масса контейнеропригодной продукции производится предприятиями, которые, как правило, заключают контракты с многочисленными мелкими и средними потребителями. Это предполагает перевозку по различным направлениям, в ряде случаев не имеющим прямого железнодорожного сообщения. Сроки доставки исключают возможность использовать продолжительный период накопления в адрес одного КТ назначения [136]. Возникает ситуация, когда в адрес каждого КТ назначения нет объема контейнеропригодной продукции, нужного для организации контейнерных поездов, хотя общий объем позволял бы это сделать. То есть, согласно анализу производства, существует большой объем контейнеропригодной продукции, но в то же время отсутствует возможность не только формировать контейнерные поезда, но и в принципе привлекать потенциальные грузы для перевозки в контейнерах. Вследствие этого контейнеропригодная продукция отправляется повагонными отправками, а во многих случаях автомобильным транспортом, на так называемые «нерентабельные» для этого вида транспорта расстояния [136].

Таким образом, существующие в настоящее время контейнерные поезда - это, образно говоря, некий «эксперимент», который проводится на

инфраструктуре, сформированной под другие задачи, потребности и технологии. В ближайшем будущем предстоит изучить преимущества массового применения контейнерных поездов на сети железных дорог Российской Федерации [136].

Сложившаяся к настоящему времени ситуация, т. е. развитие новых производств (как правило, сборочных, функционирование которых нуждается в совершенствовании транспортной инфраструктуры), закрытие или частичная консервация старых производств, необходимость применения современных и прогрессивных перевозочных технологий, требует корректировки размещения терминальных объектов КТС, как в количественном, так и в технологическом отношении, а также построения новой модели её функционирования [131], [136].

С учетом изложенного выше, концептуальный подход к формированию национальной сети контейнерных терминалов сформулирован в разделе 2.2.2.

#### 2.2.2 Разработка концептуальной модели формирования терминально-логистической инфраструктуры контейнерно-транспортной системы в условиях массового внедрения технологии контейнерных поездов

В настоящей работе предлагается модель двухуровневой структуры терминально-логистической инфраструктуры КТС, а именно: 1 уровень – сеть КТ, накапливающих контейнерные грузы от предприятий, и 2 уровень – сеть контейнерных накопительно-распределительных центров (КНРЦ), накапливающих контейнеропотоки от КТ и обеспечивающих формирование ускоренных контейнерных поездов [135], [136], [137], [138], [149]. Создание такой двухуровневой сети перевозок позволит концентрировать объемы контейнеропригодной продукции, необходимой для формирования

контейнерных поездов, исключить длинные сроки их накопления, а также увеличить скорость доставки грузов в контейнерах.

Кроме того, при реализации данной модели возможно создание инфраструктуры КТС, сбалансированной не только по количеству объектов терминальной инфраструктуры, но и по месту их размещения относительно промышленного производства, что обеспечит загрузку и эффективное использование терминально-логистических объектов [136].

Каждый КНРЦ должен быть оптимально расположен по отношению к сети КТ, размещение которых, в свою очередь, должно быть оптимизировано под расположение и объемы грузов клиентов.

Важнейшая, системообразующая роль в формировании сети КНРЦ должна отводиться железнодорожным портам, которые сформированы в географических зонах, удобных для обслуживания морских районов на Балтийском побережье, в Азово-Черноморском регионе и на Дальнем Востоке.

Для обеспечения гарантированной доставки контейнерных грузов получателю в установленные сроки, помимо ускоренных контейнерных поездов, предлагается формировать челночные контейнерные поезда с продвижением их по «жёстким ниткам» графика, что соответствует клиентоориентированной технологии.

Существующая практика применения некоторых терминов, а также необходимость стандартизации методологического обеспечения реализации предлагаемой транспортно-технологической модели организации функционирования КТС обуславливает применение специализированного глоссария.

*Железнодорожный порт* – согласно [82], системообразующий мультимодальный технологический комплекс, представляющий собой группу специализированных и универсальных терминалов, необходимую инженерную, транспортную и административную обеспечивающую инфраструктуру для обслуживания мощностей грузового морского района (в том числе за счет выполнения непрофильных для морских портов операций по

растарке, хранению, консолидации, распределению грузов и т.п.). В рамках рассматриваемой двухуровневой структуры терминально-логистической инфраструктуры КТС будет являться КНРЦ.

*Контейнерный накопительно-распределительный центр (КНРЦ)* – это мультимодальный технологический комплекс, обладающий необходимой инженерной, транспортной и терминальной инфраструктурой, основной функцией которого является консолидация и распределение контейнерных потоков, с целью формирования ускоренных контейнерных поездов в направлении КНРЦ региона станций назначения грузов.

*Контейнерный терминал (КТ)* – согласно [29], это самостоятельно хозяйствующий объект многоцелевого назначения, созданный для оказания складских и транспортно-экспедиционных услуг, на основе формирования единого организационно-экономического, финансового, информационного, кадрового и нормативно-правового обеспечения. КТ должен иметь контейнерные площадки для промежуточного хранения контейнеров, подъездные пути различных видов транспорта, погрузочно-разгрузочные механизмы и т.д.

Задача КТ состоит в обеспечении единства транспортного процесса, грузопереработки и временного складирования товаров при передаче грузов с магистрального транспорта на транспорт подвоза-развоза грузов и других перевозках в смешанном сообщении. При этом на КТ выполняется цикл технологических операций, который включает в себя комплекс услуг экспедиционного сервиса, а также реализацию требований к грузу коммерческого и административного характера (таможенная очистка, страхование и т.д.) [103], [199].

*Челночный контейнерный поезд (ЧКП)* – это поезд, курсирующий строго по расписанию между КТ и КНРЦ своего региона и доставляющий контейнеры разной адресации на КНРЦ и контейнеры одной адресации из КНРЦ на КТ.

*Ускоренный контейнерный поезд (УКП)* – это поезд, курсирующий по жестким ниткам графика между КНРЦ и сформированный из контейнеров назначением на КНРЦ одного региона, имеет скорость доставки более 1000 км/сут, отсутствие попутной загрузки/выгрузки в пути следования; отсутствие промежуточных сортировок в пути следования и ускоренная обработка в пунктах отправления/назначения.

Предлагаемая модель функционирует таким образом, что продукция или грузы в контейнерах подвозятся на КТ автомобильным транспортом, на котором формируются ЧКП (могут иметь формат вывозного, передаточного) назначением на КНРЦ рассматриваемого региона. ЧКП формируются без учета конечной станции назначения конкретного груза и отправляются строго по расписанию [136].

Так, например, в Европе широко развита система организации контейнерных поездов местного значения, которые курсируют по расписанию. Отправление поезда происходит в строго запланированное время [131], вне зависимости имеется его полная загрузка или нет. Одним из таких примеров является концепция челночных поездов «RailXpres».

Организация таких поездов, позволяет максимально быстро перевезти небольшое количество контейнеров и съемных емкостей стандарта ИСО по установленному расписанию, в определенном железнодорожном направлении. Контейнерные поезда «RailXpres» в Европе курсируют между небольшими терминалами / железнодорожными станциями на расстоянии от 200 км [131], [138].

Подобные примеры организации контейнерного сообщения существуют на российских железных дорогах. Так, в 2015 году была организована услуга по перевозке грузов в контейнерах в составе поезда категории «блок-трейн», сформированного из подвижного состава собственности ПАО «ТрансКонтейнер». Данный поезд курсирует между станциями Холмск (ОАО «Холмский морской торговый порт») и Южно-Сахалинск (ОАО «Сахалинская транспортная компания»). Несмотря на то, что расстояние между станциями

составляет 83 км, такая схема позволила сократить сроки доставки грузов по сравнению с автомобильным транспортом, что в совокупности с предложенной ценовой составляющей помогло привлечь дополнительные объемы грузов на железную дорогу.

В Большом порту Санкт-Петербург компания ЗАО «Евросиб» два раза в сутки отправляет «блок-трейн» между своим терминалом «Предпортовый» (Шушары) и «Первым Контейнерным терминалом».

В отдельных случаях, при отсутствии между КТ и КНРЦ прямого железнодорожного сообщения, для технологической перевозки между КТ и КНРЦ возможно использование специализированного автотранспорта.

Далее на территории КНРЦ контейнерные отправки, имеющие различные пункты назначения, перекомплектуются в УКП однородной адресации, т.е. назначением на КНРЦ соответствующего региона. После прибытия на КНРЦ ускоренный контейнерный поезд расформировывается. Затем доставка контейнеров до КТ станции назначения осуществляется регулярными ЧКП и далее автотранспортом до дверей получателя [136].

При этом КНРЦ служит не просто центром физического накопления и перераспределения контейнеров, но и центром концентрации информации. В КНРЦ аккумулируются данные о наличии грузов на складах производителей, заявки на перевозку, сведения о наличии исправных контейнеров и подвижного состава на КТ соответствующего региона, информация об освободившихся после выгрузки в пунктах назначения контейнерах и платформах, и имеющих потребность в обратной загрузке, и т.д.

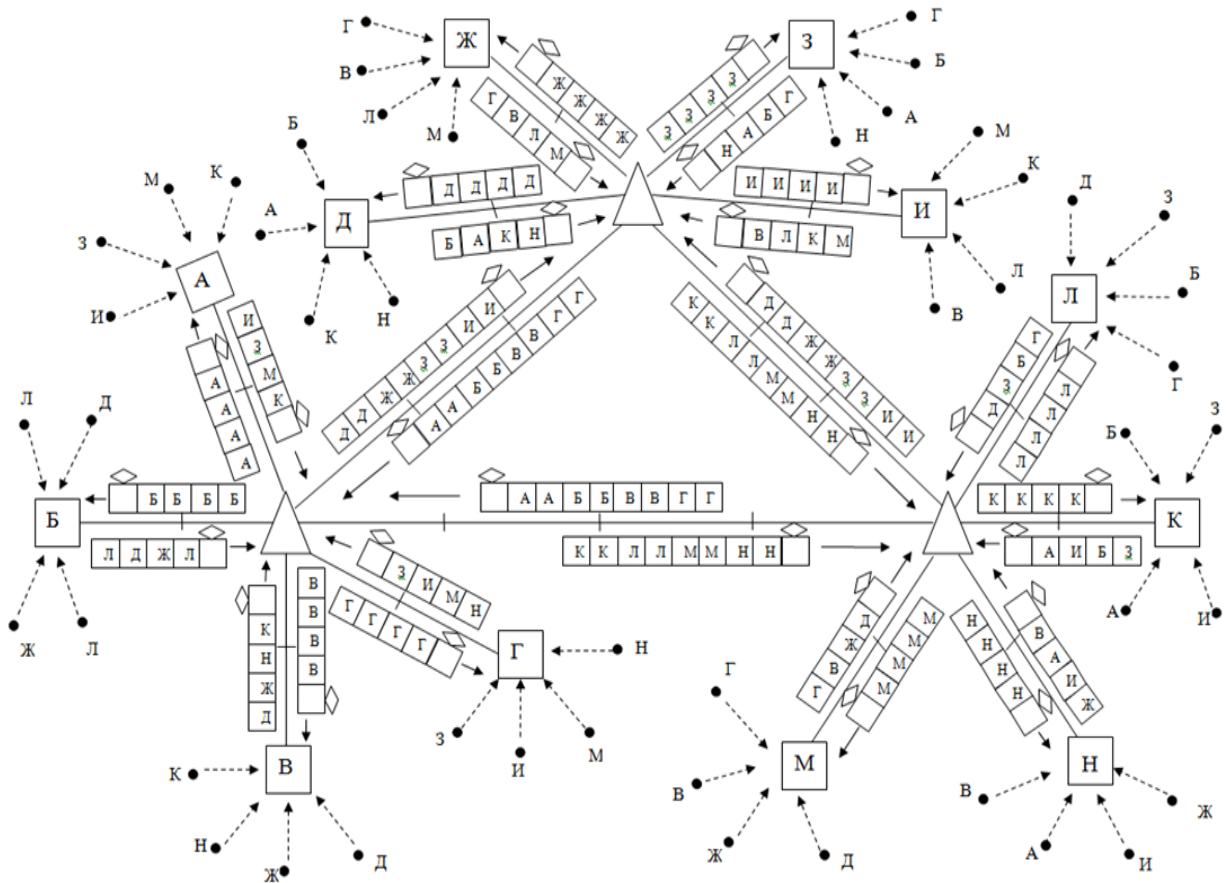
На основе получаемой оперативной информации КНРЦ будут:

- осуществлять оперативное взаимодействие с КТ и граничащими КНРЦ, а также контролировать продвижение ЧКП и УКП;
- информировать грузовладельцев о продвижении и предстоящем прибытии груза на КТ станции назначения;
- осуществлять электронную продажу мест в ЧКП и УКП;



- реализовывать принципы сквозного экспедирования для организации и ускоренного продвижения ЧКП и УКП;
- осуществлять оперативную координацию (синхронизацию) процесса перевозки и перегрузки контейнеров различными видами транспорта;
- выполнять иные функции в зависимости от потребностей клиентов и возникающих вопросов, связанных с организацией и продвижением контейнерных поездов.

Схема предлагаемой модели организации функционирования КТС [132], [135], [136], [137], [138] представлена на рисунке 2.2.



Условные обозначения:  $\Delta$  — КНРЦ;  $\square$  — КТ;  $\bullet$  — грузоотправители-грузополучатели.

Рисунок 2.2. - Схема предлагаемой модели организации функционирования контейнерно-транспортной системы

В настоящем исследовании развитие технических и технологических решений рассматривается как задача, направленная на разработку стратегических и управленческих решений по развитию и размещению терминально-логистической инфраструктуры контейнерных перевозок в РФ и формирование условий, способствующих повышению уровня контейнеризации, внедрению перспективных транспортных продуктов, таких как контейнерные поезда.

При этом одними из приоритетных задач должны являться координация изменившейся структуры и направлений грузоперевозок с существующими эксплуатационными возможностями контейнерных терминалов; комплексная интеграция технологических процессов перевозки и терминальной обработки контейнеров; создание сети контейнерных терминалов и станционной инфраструктуры, способных обеспечить весь комплекс услуг по переработке контейнерных грузов и технологию работы с полносоставными контейнерными поездами.

Кроме того, при развитии технического и технологического обеспечения контейнерных перевозок в основу должны быть положены следующие принципы [81]:

- эволюционность реформирования существующих технологий без нарушения сложившихся технологических процессов;
- максимальное использование существующей инфраструктуры и подвижного состава с их постепенным техническим перевооружением;
- обеспечение главных конкурентных преимуществ новых контейнерных технологий железнодорожных перевозок: скорости доставки на средние и большие расстояния, а также уровень и ассортимент транспортно-логистических услуг.

Поскольку обеспечение технической готовности терминально-логистической инфраструктуры к реализации продуктовой линейки железнодорожных контейнерных перевозок, согласно представленной концепции, связано с инвестиционными затратами, к приоритетным задачам

относится разработка методологии по размещению не только КНРЦ, но и определению оптимального количества КТ, с необходимым местом расположения относительно целевых групп грузовладельцев и их параметров, а также по определению конкретного количества новых и подлежащих реконструкции терминальных комплексов с обоснованием их мощности и места расположения.

### 2.3 Системный подход к техническому и технологическому обеспечению двухуровневой модели организации функционирования инфраструктуры контейнерно-транспортной системы

Формирование в настоящей работе концептуальной модели организации функционирования КТС рассматривается как комплексное решение, состоящее из

- 1) развития и модернизации терминально-логистической инфраструктуры;
- 2) совершенствования технологий системы организации перевозок контейнерных грузов на основе клиентоориентированного подхода.

Основными целями предлагаемого стратегического развития КТС являются:

- удовлетворение потребностей грузоотправителей с целью привлечения контейнерных грузов на железные дороги (рост возможностей по переориентации части клиентов с других видов транспорта);
- увеличение объёмов железнодорожных контейнерных перевозок за счет изменения существующей структуры потребителей КТС (привлечение контейнеропригодной добываемой и/или производимой продукции);
- изменение структуры объектов терминально-логистической инфраструктуры: развитие и модернизация терминальной инфраструктуры и

станций, выполняющих существенные объёмы переработки контейнерных отправок;

- выход на лидирующие позиции на российском контейнерном рынке, в том числе путем использования конкурентных преимуществ: повышение качества сервиса, комплексности услуг, повышение скорости доставки, доставка «точно в срок» и другие;
- обеспечение экономической эффективности функционирования железнодорожной системы перевозок грузов в контейнерах.

Мировой опыт показывает, что конкурентная борьба с другими видами транспорта за привлечение новых грузопотоков вынуждает железные дороги непрерывно улучшать транспортное обслуживание грузовладельцев, повышать уровень сервиса, расширять перечень предлагаемых услуг [27], [53], [218]. В настоящее время в транспортном секторе сформировался клиентоориентированный подход, заключающийся в предоставлении услуг, которые помогают клиенту улучшить его положение на рынке транспортных услуг благодаря комплексному, учитывающему его интересы, качественному и доступному, с точки зрения тарифов, обслуживанию.

В качестве основных критериев оценки потребителями транспортных услуг можно выделить следующие группы клиентоориентированных показателей:

- показатели качества услуг: сроки рассмотрения и согласования заказов; полнота оказания услуг; гибкость в удовлетворении изменяющихся требований со стороны клиентов;
- показатели надежности: своевременность и сокращение сроков доставки; регулярность или ритмичность доставки грузов; обеспечение сохранности перевозимых грузов; высокий уровень соблюдения расписаний графика движения; безопасность и экологичность;
- финансовые показатели: издержки клиента, связанные с транспортным обслуживанием; величина тарифа;

– показатели доступности: доступность услуг; обеспеченность потребителей центрами обслуживания; наличие информационных систем, обеспечивающих оказание услуг.

С учётом выполнения этих требований предлагаются принципы формирования и технология функционирования терминально-логистической инфраструктуры КТС.

Построение и функционирование любой логистической транспортной цепи предполагает, прежде всего, реализацию основных принципов системного подхода, что выражается в интеграции и четком взаимодействии всех ее звеньев. Считается, что такая система может быть так или иначе разделена на более простые составляющие её цепи, то есть любую технологическую цепочку в региональном разрезе можно считать своего рода подсистемой более крупной логистической системы, в которой она функционирует [188].

Системный подход к созданию сети контейнерных терминалов должен обеспечивать следующие принципы организации функционирования КТС.

Многоуровневая функциональная структура терминально-логистических объектов (железнодорожный порт, КНРЦ, КТ). Сетевой принцип формирования терминально-логистической инфраструктуры КТС предполагает наличие определенной иерархии и специфики функционального назначения для каждого из типов объектов сети, которые сформулированы в приведенном выше глоссарии.

Организация регулярного контейнерного сообщения по пассажирскому принципу (линейный сервис) предусматривает [131], [132], [138], [146], [148]:

- формирование сети курсирования регулярных контейнерных поездов;
- создание расписания движения поездных формирований (включая терминальную обработку) по выделенным «жестким ниткам» графика вне зависимости от наличия заявок на перевозку;

– свободный доступ клиентов к продаже услуг на линейном сервисе посредством использования открытых информационных систем.

Поточная (непрерывная) организация обработки контейнеров в условиях терминальной технологии предусматривает [122], [143]:

– замещение сортировочной работы с вагонами терминальной переработкой грузов;

– своевременную (в соответствии с расписанием) подачу и уборку вагонов на фронты погрузки/выгрузки;

– обработку контейнерного поезда на терминале без разрыва состава за фиксированный интервал времени.

Другой проблемой является обеспечение перевозочными средствами. Одним из основных направлений деятельности объектов терминально-логистической инфраструктуры КТС должна являться работа по координации действий операторов фитинговых платформ, направленная на полный и своевременный вывоз контейнеров ускоренными поездами. Её реализация в виде диспетчерского центра, действующего на основе договоров с операторами подвижного состава, позволит создать действенный инструмент управления подвижным составом в рамках транспортного узла [122].

Интегрированная таможенная инфраструктура предполагает наличие Центров таможенного оформления грузов (таможенный пост, СВХ и проч.) в составе функциональных объектов терминально-логистической инфраструктуры. Это позволит централизовать экспортно-импортные грузопотоки в транспортных узлах и сконцентрировать все виды таможенной деятельности в месте, удобном для клиента.

Важным условием организации деятельности терминально-логистической инфраструктуры КТС не только как единого технологического комплекса, но и каждого из его звеньев с точки зрения оперативно-диспетчерского управления, является наличие корпоративной интегрированной системы (КИС) информационного обеспечения, реализующей взаимодействие процессов, определение оптимальных цепей

поставок, проведение PR-мероприятий, оказание клиентам максимально возможного объема информационно-консультационных услуг и прочее [82].

Основными преимуществами предлагаемой концептуальной модели формирования и организации функционирования КТС в условиях массового внедрения технологии контейнерных поездов являются:

- отказ от формирования поезда на станции отправления в пользу поезда постоянного формирования, что позволяет экономить временные и материальные ресурсы за счет существенного уменьшения маневровой работы и ряда подготовительных операций;

- сокращение затрат времени на переработку состава на участковых и сортировочных станциях, а также исключение возможных повреждений вагонов, контейнеров и груза в процессе сортировочной и маневровой работы;

- высокая маршрутная скорость доставки контейнеров между терминалами за счет использования маршрутных контейнерных поездов, в том числе ускоренных, регулярно следующих по жесткой нитке графика движения с удлиненными гарантийными плечами следования вагонов и минимальными простоями на промежуточных станциях;

- сокращение затрат времени на расформирование поезда и подачу вагонов под грузовые операции за счет сокращения маневровой работы;

- повышение уровня точности перевозок и предсказуемости времени доставки контейнеров для клиентов.

Совокупность и взаимодействие требований и технологических решений, представленных в таблице 2.1, обеспечивающих основные клиентоориентированные принципы функционирования КТС и стимулирующих эффективные логистические бизнес-процессы, определяют синергетический эффект, увеличивающий суммарную эффективность и конкурентоспособность всей транспортной системы РФ.

Таблица 2.1 – Требования и технологические решения концептуальной модели организации функционирования КТС РФ на основе клиентоориентированного подхода

Требования к клиентоориентированному принципу организации функционирования КТС	Направления перспективных технологических решений
<p>Развитие и модернизация терминально-логистической инфраструктуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- транспортно-логистическая обеспеченность и доступность для потребителей.</li> </ul>	<p><i>Принцип многоуровневой функциональной структуры</i> терминально-логистических объектов (железнодорожный порт, КНРЦ, КТ). Формирование терминально-логистической инфраструктуры КТС по сетевому принципу предполагает создание определенного структурного взаимодействия и функционального назначения для каждого из уровней объектов сети.</p>
<p>Совершенствование технологий системы организации перевозок контейнерных грузов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- своевременность и сокращение сроков доставки;</li> <li>- регулярность доставки грузов;</li> <li>- полнота и качество оказания услуг;</li> <li>- гибкость в удовлетворении изменяющихся требований со стороны клиентов;</li> <li>- надежность всех звеньев логистической транспортной цепи доставки грузов;</li> <li>- обеспечение сохранности перевозимых грузов;</li> <li>- снижение транспортной составляющей в конечной цене продукции;</li> <li>- информатизация транспортно-логистических услуг;</li> <li>- безопасность и экологичность перевозок.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Организация регулярного контейнерного сообщения по пассажирскому принципу</i> предусматривает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• формирование сети курсирования регулярных контейнерных поездов различных категорий;</li> <li>• создание расписания движения регулярных контейнерных поездов (включая терминальную обработку) по выделенным «жестким ниткам» графика вне зависимости от наличия заявок на перевозку;</li> <li>• свободный доступ клиентов к продаже услуг на линейном сервисе посредством использования открытых информационных систем.</li> </ul> </li> <li>- <i>Поточная (непрерывная) организация обработки контейнеров в условиях терминальной технологии</i> предусматривает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• замещение сортировочной работы с вагонами терминальной переработкой грузов;</li> <li>• своевременную (в соответствии с расписанием) подачу и уборку вагонов на фронты погрузки/выгрузки;</li> <li>• обработку контейнерного поезда на терминале без разрыва состава за фиксированный интервал времени.</li> </ul> </li> <li>- <i>Координация действий операторов подвижного состава</i> предусматривает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• создание диспетчерского центра, действующего на основе договоров с операторами подвижного состава, с целью обеспечения перевозочными средствами в рамках транспортного узла;</li> <li>• полный и своевременный вывоз контейнеров в составе контейнерных поездов.</li> </ul> </li> <li>- <i>Интеграция таможенной инфраструктуры</i> с целью централизации экспортно-импортных грузопотоков предусматривает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• наличие Центров таможенного оформления грузов (таможенный пост, СВХ и проч.) в составе функциональных объектов терминально-логистической инфраструктуры;</li> <li>• концентрация всех видов таможенной деятельности в месте, удобном для клиента.</li> </ul> </li> <li>- <i>Единое информационное пространство</i> предусматривает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• наличие интегрированной системы информационного обеспечения, обеспечивающей автоматизацию процессов планирования и управления на объектах терминально-логистической инфраструктуры КТС, определения оптимальных цепей поставок, проведения PR-мероприятий, оказания клиентам максимально возможного объема информационно-консультационных услуг;</li> <li>• создание интеллектуальных технологий нового поколения, с апробированными механизмами информатизации и автоматизации, основанными на оптимизации использования погрузочных ресурсов, пространственного моделирования и мультиагентных способах управления работой КТ и КНРЦ.</li> </ul> </li> </ul>



## 2.4 Анализ существующих математических моделей и методов оптимизации размещения терминально-логистических объектов

Сложность решения задачи оптимального выбора количества, мест расположения и мощности КТ и КНРЦ, описанной в разделе 2.2, требует тщательного научного анализа проблемы на основе построения и анализа количественных моделей.

Проблемам моделирования инфраструктуры перевозок посвящено большое число работ как зарубежных, так и отечественных авторов [18], [60], [63], [72], [99], [108], [119], [154], [182], [190], [196], [215] и др. В них, в частности, отмечается, в качестве основной, проблема оптимального размещения терминально-логистических объектов различного уровня.

В свою очередь, эта проблема разбивается на несколько самостоятельных задач [135]:

1. обоснование критериев эффективности различных уровней логистической структуры перевозок;
2. математическое моделирование задач размещения и функционирования отдельных элементов системы перевозок;
3. создание практических методик проектирования инфраструктуры перевозок.

При решении задач, связанных с реконструкцией и развитием транспортной инфраструктуры, специалисты сталкиваются с трудностями выбора оптимального места размещения её объектов вследствие сложности и многовариантности таких задач. Полученные решения не всегда отвечают требованиям рациональности, при этом их последующая эксплуатация рассчитана на многие десятилетия.

При этом многие ученые считают, что целостная концепция системного подхода к вопросам рационального проектирования и размещения элементов

транспортной системы страны находится в настоящее время только в стадии формирования [136].

В рамках диссертационного исследования были проанализированы некоторые классические задачи, связанные с оптимизацией мест расположения терминально-логистических объектов. Все они изучают оптимальные свойства расположения точек на плоскости и дают алгоритмы, которые можно использовать в более общей постановке задачи оптимизации размещения транспортных объектов.

Так, были рассмотрены некоторые задачи Торричелли-Штейнера [184]:

1) Для заданных  $n$  точек найти один геометрический центр, сумма расстояний от которого до этих точек минимальна. Решение - точка Торричелли [182]. При этом, для  $n \geq 5$  задача решается приближенно.

2) Для заданных  $k$  точек найти центр, лежащий на заданной прямой, чтобы суммарное расстояние от центра до точек было минимально.

В контексте решаемой задачи по размещению терминально-логистической инфраструктуры на сети железных дорог - это задача о выборе точки на ж.-д. магистрали, суммарное расстояние до которой от заданных пунктов минимально.

На плоскости дана прямая и  $k$  точек (рис. 2.3). Найти (или охарактеризовать) положение точки на прямой, для которой сумма расстояний до данных точек минимальна.

Решение: Пусть  $l$  — данная прямая, а  $x_1, \dots, x_k$  — данные точки. Решаем задачу на минимум:

$$f(x) = |x - x_1| + \dots + |x - x_k| \rightarrow \min,$$

при условии

$$g(x) = n \cdot (x - x_0) = 0,$$

где  $x_0$  — произвольная точка прямой  $l$ ,  $n$  — вектор, перпендикулярный этой прямой.

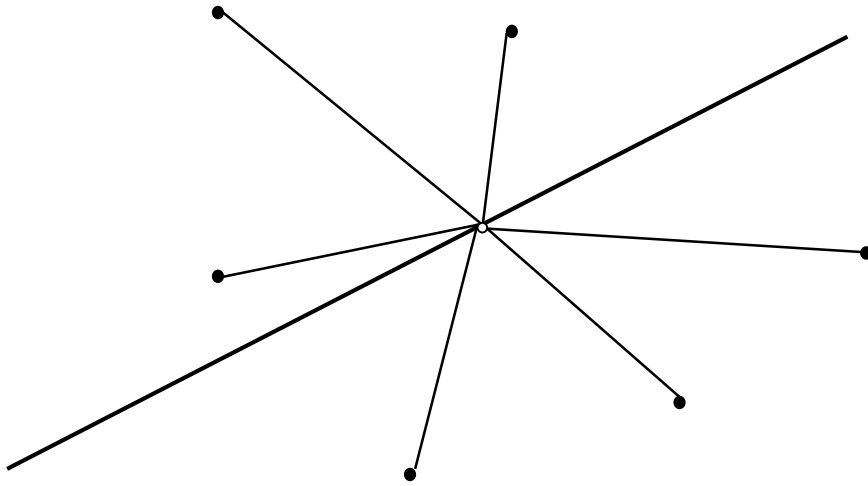


Рисунок 2.3 – Точка на прямой, суммарное расстояние до которой от заданных точек минимально

Обозначим через  $u_i$  вектор единичной длины, сонаправленный с вектором  $x-x_i$ .

Тогда  $f(x)=u_1+\dots+u_k$ , а  $g(x)=n$ . По теореме Лагранжа, в точке минимума вектор  $f(x)$  коллинеарен  $n$ , т. е. перпендикулярен прямой  $l$ .

Таким образом решением задачи служит точка прямой  $l$ , для которой сумма проекций на прямую  $k$  единичных векторов, направленных из неё в данные точки, равна нулю. Если из данных  $k$  точек, есть, хотя бы одна, не лежащая на прямой  $l$ , то задача имеет единственное решение. Если  $k \geq 3$ , то такая точка, вообще говоря, не строится геометрически, а находится приближенно (вычисление её координаты приводит к уравнению высокой степени). Известно большое число эвристических алгоритмов, решающих вышеприведенные задачи.

3) Для заданных  $n$  точек найти такую сеть дорог, чтобы общая длина дорог, соединяющая точки, была минимальной. Решение – сеть Штейнера [184]. При этом, для  $n \geq 5$  задача решается приближенно перебором вариантов.

Таким образом, рассмотренные классические задачи определяют оптимальные свойства некоторых точек, когда множество точек задано. Заметим, что в поставленной в исследовании задаче по формированию двухуровневой сети терминально-логистических объектов контейнерных

перевозок «центры» должны соответствовать не заданному исходному множеству точек, а подмножествам заданного множества, которые заранее неизвестны. Их вариация и создаёт дополнительный резерв оптимизации. Отсюда, возникает задача оптимальной кластеризации исходного множества точек и определения оптимальных центров кластеров [150].

Анализ научных работ, посвященных проблеме оптимального выбора расположения терминально-логистических объектов, показывает, что эта задача принадлежит к более общей математической задаче оптимального выбора мест расположения «центров» обслуживания при заданных объектах обслуживания.

В работе [185] отмечается, что в настоящее время существуют различные направления исследования расположения «центров» обслуживания потребителей.

Оптимальное решение зависит от принятых критериев и ограничений. В различных случаях критерии и ограничения формулируются различным образом.

Задачи оптимизации расположения «центров» обслуживания можно разделить на следующие типы [185]:

- Оптимизация расположений «центров» для обслуживания конечного числа заданных потребителей при условии, что «центры» могут располагаться в некоторых точках заданного конечного множества. В результате эту задачу можно рассматривать как оптимизационную задачу, где «центры» обслуживания могут быть расположены в вершинах графа, а расстояния измеряются по длинам дуг графа. При такой постановке получаем так называемую дискретную модель.

- Оптимизация расположения «центров» для обслуживания конечного числа заданных потребителей при условии, что «центры» могут располагаться в произвольных точках некоторой заданной области. При этом «центр» обслуживания может быть расположен в любой точке области, а потребитель располагается в заданных точках, что приводит к решению непрерывной

модели задачи нелинейного программирования большой размерности. Расстояние перевозки измеряется по вводимой метрике, например, по евклидовой или иной метрике.

- Оптимизация расположения «центров» для обслуживания конечного числа потребителей при условиях, что потребители и «центры» могут располагаться в произвольных точках заданной области («центры» обслуживания и потребители могут быть расположены в произвольных точках заданной области, расстояние измеряется по вводимой метрике). Такая постановка приводит к решению непрерывной модели в виде задачи нелинейного программирования сверх большой размерности.

Первая работа по задаче расположения была исследована в 1909 году Альфредом Вебером, который исследовал расположение склада для обслуживания потребителей с известными координатами и потребностями в материале, хранящемся на складе. Далее Купер рассмотрел обобщение этой задачи [225]. В настоящее время существует множество работ, посвященных задаче расположения «центров» обслуживания. Для решения задачи оптимизации расположения «центров» обслуживания важно уметь находить глобальный экстремум целевых функций. Существуют различные методы нахождения глобального экстремума [47], [164]. Каждая из рассматриваемых в этих работах постановок задач порождает задачи нелинейной оптимизации, в частности, минимаксные и минимаксиминные. Задачи такого типа исследованы многими авторами: Л.В. Васильев [20], Ф.П. Васильев [21], Я.И. Заботин [48], Ф. Кларк [62], И.В. Коннов [78], В.С. Михалевич [118] и другими.

В обзоре М.Д. Брандо и С.С. Чина [224] указано более 50 различных моделей, используемых для решения задач выбора расположения «центров» обслуживания. Имеются специальные выпуски журналов, такие, как «Location Science» и другие, целиком посвященные этим задачам.

Для решения задач оптимизации расположения «центров» обслуживания предлагаются различные подходы, среди них можно отметить

метод ветвей и границ, методы динамического программирования, методы целочисленного программирования, вероятностные методы, различные эвристические методы и т.п.

Анализ прикладных работ, использующих теорию «центров» обслуживания потребителей, например, задачи проектирования центров скорой помощи для района [185], показывает высокую сложность вычислений даже для небольшого числа центров ( $<5$ ). Кроме этого в данной теории выбор центра на территории является свободным на некоторой местности, что не соответствует задачам создания терминально-логистической инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Рассмотрим прикладные методики выбора оптимального местоположения терминально-логистических объектов грузоперевозок, представленные, например, в следующих работах [60], [61], [72], [83], [88], [110], [120], [181], [182], [183], [206], [209], [211], [212], [215].

Для решения задачи оптимального выбора расположения контейнерного терминала при организации контейнерных и контрейлерных перевозок А.Г. Кирилловой [60], [61] построена соответствующая математическая модель, в которой в качестве разумного приближения к оптимальному месту расположения логистического центра предлагается брать «центр» контейнерных потоков, определяемый по аналогии с центром тяжести. Предлагаемая методика детально продемонстрирована на конкретном примере, в котором отражены различные возможные составные части транспортной системы региона: железнодорожный транспортный коридор, с большим количеством транзитных контейнеров, автомобильные трассы, а также транспортные пути, с транспортировкой контейнеров, прибывающих в исследуемый регион или отправляемых из него.

Однако такая модель является локальной, то есть приемлемой для фиксированного множества грузоотправителей и получателей одного района, и не отвечает на вопросы оптимального размещения большого количества терминалов, поскольку не учитывает вариативность разбиения всего

множества грузоотправителей и получателей в масштабах федеральных округов или всей страны на подмножества со своим «центром».

Целый ряд авторов, например, в работах [60], [212], отмечают, что присутствие в оптимизационной модели математического программирования сложных комбинаторных ограничений, большой размерности переменных, а также наличие в задаче нелинейных зависимостей, дискретных и непрерывных функций делают попытки строгого решения неконструктивными, поскольку требуют переборных алгоритмов решения «сверх большой» сложности.

Поэтому для решения задачи рационального размещения контейнерных терминальных комплексов (КТК) на территории страны, в работе [212] предлагается применение эвристического алгоритма. Алгоритм построен на допущениях: 1) что существуют изначально заданные базовые КТК; 2) действует правило «один регион – один КТК»; 3) если в регионе физически создается несколько объектов типа КТК, то при моделировании предполагается, что в регионе действует только один объект; 4) размещение КТК в регионе совпадает с административным центром соответствующего региона, связанного с железнодорожной сетью общего пользования. В соответствии с данными допущениями вводится понятие так называемого «интервала рациональных расстояний», определяющего для каждого КТК оптимальное удаление от других КТК в предположении равномерного распределения грузопотока по всей территории зоны обслуживания из условия равенства площадей относительно радиуса, определенного величиной среднего расстояния подвоза-развоза.

Построенный на приведенных допущениях и вычислении радиуса зоны обслуживания алгоритм позволяет лишь приближенно наметить наилучшее по критерию общественных затрат усредненное размещение и последовательность сооружения КТК. К сожалению, в таком подходе не учитываются объёмы грузопотоков от отдельных отправителей и получателей.

В этом разделе покажем также возможность разработки математической модели оптимального выбора месторасположения терминально-логистических объектов в рамках подхода на основе модели математического программирования.

При подходе к разработке оптимизационной модели размещения терминально-логистических центров (ТЛЦ) следует сначала определить на каком уровне обобщения будет решаться данная задача. Очевидно, что для решения такой задачи для всей территории РФ придется разбивать её на определенные иерархические уровни. При этом естественно предположить некоторые средние статические параметры сети дорог и средние ожидаемые объёмы перевозок грузов в контейнерах предприятий рассматриваемого региона.

В частности, если задача решается для всей территории РФ, то можно в качестве пунктов (вершин сети перевозок) рассматривать области и республики, а в качестве сети дорог лишь основные магистральные пути. Тогда можно поставить и решить задачу: найти места расположения ТЛЦ на всей территории страны, считая, что их количество много меньше, чем число областей (вершин). Здесь можно задать количество предполагаемых ТЛЦ или использовать ограничения на общий объем финансирования. Решение такой задачи имеет оценочное значение, которое позволяет поставить и решать подобные задачи на нижних уровнях иерархии: для территории экономических округов, республик, областей. Сама задача оптимизации выбора местоположения ТЛЦ должна обладать свойством подобия для постановок различного иерархического уровня. При этом решения на верхних уровнях дают лишь теоретические результаты, а не фактические проектные решения для построения физических ТЛЦ.

В целях получения единой математической модели ниже будем рассматривать некоторую ограниченную плоскую область, на которой задана сеть пунктов (вершин), соединенных неоднородными дугами (однонаправленными или двунаправленными), рисунок 2.4.



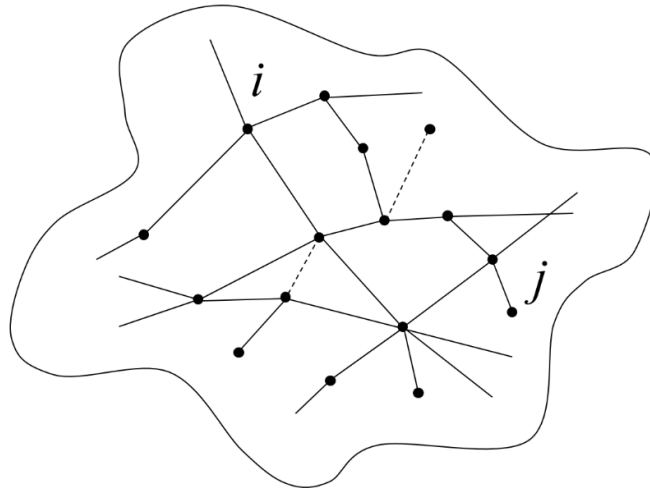


Рисунок 2.4 – Пункты (вершины) и неоднородная сеть дорог

Пункты (вершины), расположенные в рассматриваемой ограниченной области, описывают:

- 1) промышленные объекты;
- 2) города;
- 3) железнодорожные станции;
- 4) имеющиеся ТЛЦ.

Дуги графа описывают сеть железных и шоссейных дорог; 1-4 определяются точками (вершинами графа) с заданными координатами,  $i$  – номер вершины,  $(x_i, y_i)$  – декартовы координаты. Сеть дорог – дуги графа. Дуги неоднородные. В каждой вершине  $i$  известен объем контейнеропригодной продукции. Обозначим её  $a_i$ . Она включает как имеющиеся фактические объёмы контейнерных перевозок, так и ожидаемые объёмы на некоторый проектный период. Величина  $a_i$  отображает объём только собственно данной вершины, без учета дополнительного объёма контейнеропереработки, который образуется, если данная вершина будет терминально-логистическим центром.

Известны «расстояния» перевозки контейнеров из точки  $i$  в точку  $j$  –  $c_{ij}$ . В простейшем случае  $c_{ij}$  – собственно расстояние в километрах. Но в реальных

задачах  $c_{ij}$  может включать все трудности, возникающие при перевозке из  $i$  в  $j$ , а именно:

- 1) ограничения пропускной способности инфраструктуры из  $i$  в  $j$ ;
- 2) необходимость «перевалки» контейнеров – автомобиль-вагон и наоборот;
- 3) тарифы;
- 4) пробки на шоссейных дорогах и т.д.

Все это можно учесть в отдельной методике вычисления  $c_{ij}$ . Существуют методики определения  $c_{ij}$  по геоинформационным картам. В общем случае  $c_{ij}$  может зависеть от времени, графика движения поездов и др. Ниже будем считать, что  $c_{ij}$  известны и не зависят от времени, т.е. рассматривается статическая задача.

В настоящее время происходит повышенный интерес в создании мощных терминально-логистических центров, основанных на новых технологических приемах погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки грузов от производителя до потребителя, снабженных всеми современными приемами управления на основе компьютерных средств. Создание ТЛЦ – весьма затратный проект, поэтому требует тщательного и всестороннего обоснования [133].

Предлагается экономико-математическая модель синтеза точек местонахождения ТЛЦ для некоторой территории (область, округ, республика, страна). Решить такую задачу – это значит определить те точки  $i$ , которые и будут ТЛЦ. Пусть уже известно, сколько ТЛЦ должно быть в заданном районе –  $m$ .

Тогда задача ставится так: для заданного графа вершин и ребер найти такие вершины (всего их  $m$ ), чтобы они в каком-либо оптимальном смысле покрывали все объёмы контейнеропереработки всех узлов  $J$  ( $j = \overline{1, n}$ ). Обозначим  $I$  – множество покрывающих вершин. Таким образом,  $I$  – подмножество вершин из  $J$ .

Существующие подходы для решения подобных задач используют методы оптимальных покрытий [43]. Вопрос о том, что некоторый узел  $j$  будет обслуживаться ТЛЦ  $i$ , не совсем связан с геометрической близостью пунктов  $i$  и  $j$ . Поэтому правильней ставить вопрос о мере  $c_{ij}$ , непосредственно учитывающей всё многообразие факторов удобства обслуживания  $j$ -го узла  $i$ -м ТЛЦ. Это особенно проявляется при рассмотрении строительства ТЛЦ вблизи крупных городов. Поэтому  $c_{ij}$  – это некоторая мера, выражающая общую экономическую эффективность того, что узел  $j$  обслуживается ТЛЦ  $i$ .

Введем управляемые переменные  $x_{ij}$ :

$x_{ij} = \{1, \text{ если } j\text{-й узел будет обслуживаться } i\text{-м ТЛЦ};$

$x_{ij} = \{0, \text{ в противном случае.}$

Матрица  $X = \{x_{ij}\}$  – это решение. Матрица  $X$  содержит  $n$  строк и  $n$  столбцов, но так как  $m < n$  некоторые строки состоят только из нулей.

Сформулируем некоторые ограничения на эти переменные и введем в рассмотрение целевую функцию  $F(x_{ij})$ , которая бы количественно выражала степень общей экономической эффективности от создания сети ТЛЦ именно при каждом решении  $\{x_{ij}\}$ .

Каждый узел  $j$  прикрепляется только к одному ТЛЦ из  $I$ , поэтому

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

Если можно, чтобы узел  $i$  прикреплялся, «хотя бы к одному» ТЛЦ, то

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq 1, \quad j = \overline{1, n} \quad (2.2)$$

$X = \{x_{ij}\}$  представляет собой матрицу нулей и единиц. Согласно (2.1), допустимой будет такая матрица, в которой в каждом столбце  $j$  будет лишь одна единица. Например,

$$x_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Очевидно  $m \leq n$ . Поэтому строк, содержащих, хотя бы одну единицу, будет  $m < n$ , остальные нулевые.

Таким образом, если количество ТЛЦ задано, а именно  $m$ , то

$$\sum_{i=1}^n \left| \sum_{j=1}^n x_{ij} \right|_{0,1} = m, \quad (2.3)$$

где  $|a|_{0,1}$  — означает

$$|a|_{0,1} = \begin{cases} 0, & \text{если } a = 0 \\ 1, & \text{если } a > 0 \end{cases}.$$

Видно, что матрица  $\{x_{ij}\}$  может изображать допустимое решение, когда  $m$  заранее не задано. Тогда (2.3) можно убрать из рассмотрения.

Общий объём переработки контейнеров в  $i$ -м ТЛЦ складывается из объёмов тех вершин  $J$ , которые обрабатываются  $i$ -м ТЛЦ. Он определяется, как

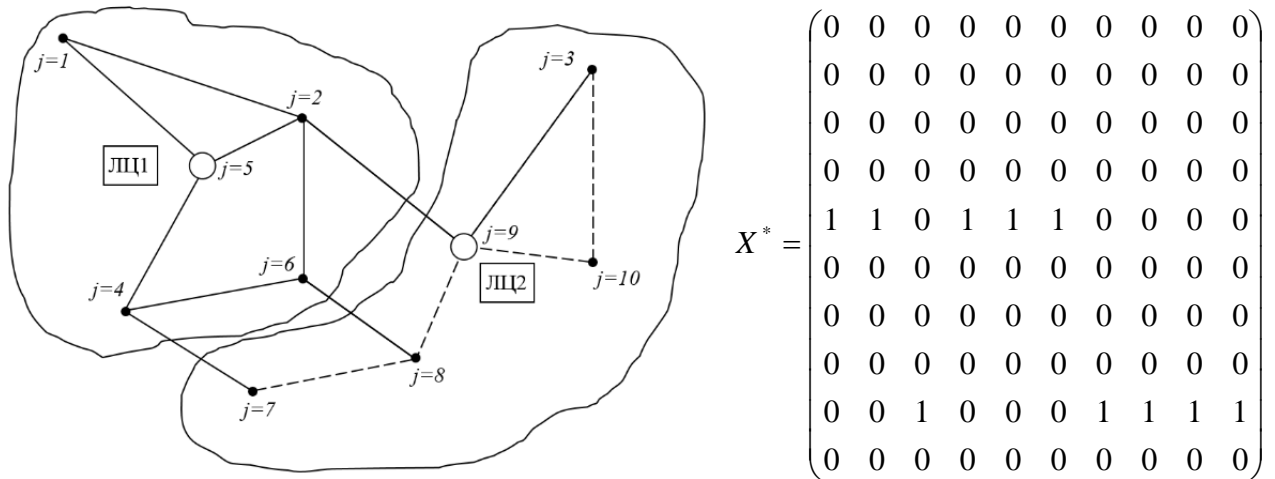
$$A_i = \sum_{j=1}^n a_i x_{ij}, \quad i = \overline{1, m}.$$

Если необходимо, чтобы  $A_{\min} \leq A_i \leq A_{\max}$ , то возникают ограничения:

$$\sum_{j=1}^n a_i x_{ij} \leq A_{\max}, \quad i = \overline{1, m} \quad (2.4)$$

$$\sum_{j=1}^n a_i x_{ij} \geq A_{\min}, \quad i = \overline{1, m} \quad (2.5)$$

На рисунке 2.5 приведен пример решения задачи для  $m=2, n=10$ .

Рисунок 2.5 – Пример решения задачи ( $m=2, n=10$ )

При разработке целевой функции  $F(x_{ij})$  следует отметить два подхода: интегральный и гарантирующий (минимаксный).

1) Первый подход основан на том, что проект создания сети ТЛЦ нацелен на получение эффекта в целом для системы (когда не важно, кому-то одному будет плохо, лишь бы в целом был лучший результат). Обычно все стоимостные (экономические) критерии основываются на этом. В нашем случае в качестве такой целевой функции  $F(x_{ij})$  можно взять:

$$F(x_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad j = 7, \quad i = \{5, 9\}, \quad (2.6)$$

которая выражает потенциальные общие затраты в доставке и переработке контейнеров всеми ТЛЦ для всех узлов  $j$ .

2) Другой подход связан с тем, чтобы гарантировать величину максимального «расстояния»  $c_{ij}$ , которое присутствует в плане  $\{x_{ij}\}$ . Здесь план  $\{x_{ij}\}$  будет выравнивать величины  $\{x_{ij}c_{ij}\}$ .

$$F(x_{ij}) = \max_{ij} \{x_{ij}c_{ij}\} \rightarrow \min.$$

То есть,

$$F_{opt}(x_{ij}^*) = \min_{\{x_{ij}\}} \max_{(ij)} \{x_{ij} \cdot c_{ij}\} = F_0. \quad (2.7)$$

Известно, что такая целевая функция потребует более сложного метода решения. Поэтому воспользуемся следующим приемом. Объявим оптимальное значение  $F_0$ , искомой переменной, которая добавляется к имеющимся переменным  $x_{ij}$ . Таким образом, в задаче будет следующая совокупность переменных  $\{F_0, x_{ij}\}$ , то есть всего их будет  $n^2+1$ .

Тогда в качестве новой целевой функции возьмем

$$F = F_0 \rightarrow \min. \quad (2.8)$$

С дополнительными выражениями

$$x_{ij} c_{ij} \leq F_0, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n} \quad (2.9)$$

Итак, в первом приближении задача выбора местоположения ТЛЦ может быть записана в виде одной из двух задач математического программирования:

$$I. \quad F(x_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min. \quad (2.10)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, n} \quad (2.11)$$

$$\sum_{i=1}^n \left| \sum_{j=1}^n x_{ij} \right|_{0,1} = m. \quad (2.12)$$

$$\sum_{i=1}^n a_i \cdot x_{ij} \leq A_{\max}, \quad i = \overline{1, n} \quad (2.13)$$

$$\sum_{j=1}^n a_i \cdot x_{ij} \geq A_{\min}, \quad i = \overline{1, n} \quad (2.14)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}. \quad (2.15)$$

$$II. \quad F(x_{ij}) = F_0 \rightarrow \min. \quad (2.16)$$

$$x_{ij} c_{ij} \leq F_0, \quad i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, n} \quad (2.17)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, n} \quad (2.18)$$

$$\sum_{i=1}^n \left| \sum_{j=1}^n x_{ij} \right|_{0,1} = m. \quad (2.19)$$

$$\sum_{i=1}^n a_i \cdot x_{ij} \leq A_{\max}, \quad i = \overline{1, n} \quad (2.20)$$

$$\sum_{j=1}^n a_i \cdot x_{ij} \geq A_{\min}, \quad i = \overline{1, n} \quad (2.21)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}. \quad (2.22)$$

Заметим, что в вышеприведенной модели считается, что ТЛЦ находится в одном из узлов  $i = \overline{1, n}$ . Возникает вопрос, а что, если ТЛЦ можно построить в месте, где нет узла. Это может быть выгодно, если затраты на создание инфраструктуры для нового ТЛЦ (нового узла) будут меньше, чем дополнительная выгода от его функционирования. Такое может быть, если новый узел находится между большими скоплениями узлов с большими  $a_i$ . Чтобы учесть это, можно дополнять исходное множество узлов  $J$  новыми виртуальными узлами, находящимися в некоторых замечательных, с точки зрения геометрии, точках. Например, это «центры тяжести» узлов [60].

Координаты дополнительного узла  $i=0$  можно получить, зная координаты каждой  $i$  вершины  $(x_i, y_i)$  и объемы  $a_i$ , по формулам

$$x_0 = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^n a_i x_i, \quad (2.23)$$

$$y_0 = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^n a_i y_i, \quad (2.24)$$

$$V = \sum_{i=1}^n a_i. \quad (2.25)$$

Получим множество узлов. При этом необходимо задать проекты новых участков дорог из нового узла в некоторые вершины  $j$ . После этого можно дополнить матрицы  $X$  и  $C$  дополнительными элементами  $x_{0j}$ ,  $x_{j0}$  и  $c_{0j}$ ,  $c_{j0}$ .

Решая рассмотренные задачи на новом множестве  $J^+$ , получаем новый оптимальный план  $\{x_{ij}^{*+}\}$ . При этом если новые значения критерия  $F^{*+}$  будут меньше  $F^*$ , то принимаем новое решение.

Обе задачи I и II принадлежат к классу задач линейного булева программирования (ЛБП). Известно, что эта задача принадлежит к так называемым NP трудным задачам. Это означает, что сложность решения подобных задач растет быстрее, чем любой полином от количества переменных. У задачи I - количество переменных  $n^2$ , количество строк ограничений  $3n+1$ . У задачи II -  $n^2+1$  переменных и  $n^2+3n+1$  строк ограничений.

Реальные расчеты необходимо делать для  $n$  порядка от 10 до 100 и более.

Для количества узлов  $n=10$  получаем:

задачу I с 100 переменными и 31 ограничением,

задачу II с 101 переменной и 131 ограничением.

Для  $n=100$  соответственно имеем:

для I -  $10^4$  переменных и 301 ограничение,

для II -  $10^4$  переменных и 10301 ограничений.

Из изложенного ясно, что приведенные математические модели в принципе позволяют решать поставленную задачу на основе алгоритмов решения задач ЛБП для небольших регионов. Известны многочисленные алгоритмы и компьютерные программы, решающие такие задачи [43], [44], [45]. Точные решения можно получить, например, на основе так называемого аддитивного алгоритма при числе ограничений  $N < 10^2$  [87].

Приближенные решения можно получить на основе «генетического» алгоритма, исследование возможностей которого дано в работах [44], [152].

Анализ этих работ показывает, что возможность решения задач оптимизации размещения ТЛЦ в виде задач математического программирования даже без учета расположения точек-производств ограничивается большой их сложностью, что не позволяет практически решать такие задачи для крупных регионов и страны в целом.



Таким образом, в диссертационном исследовании были рассмотрены методы нахождения оптимальных терминально-логистических центров на плоскости, если заданы координаты и «вес» точек. Оценочный анализ данных методов представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Анализ методов нахождения оптимальных «центров» на плоскости

Постановка задачи	Решение
<i>Создание одного центра</i>	
1. Для заданных $n$ точек найти один геометрический центр, сумма расстояний от которого до этих точек минимальна.	Решение - точка Торичелли. Для $n \geq 5$ задача решается приближенно.
2. Для заданных $k$ точек найти центр, лежащий на заданной прямой, чтобы суммарное расстояние от центра до точек было минимально.	Решение нелинейного уравнения высокой степени, приближенными методами.
3. Для заданных $n$ точек найти такую сеть дорог, чтобы общая длина дорог, соединяющая точки, была минимальной.	Решение – сеть Штейнера. Для $n \geq 5$ задача решается приближенно перебором вариантов.
<i>Создание многих центров</i>	
4. Задано $n$ вершин графа, рёбра – это пути, соединяющие вершины. Найти подмножество вершин - центров (количество их $k$ может быть задано или не задано), чтобы суммарная длина пути от вершин до своих центров была минимальной.	Решение в виде задачи математического программирования на основе переборных алгоритмов типа ветвей и границ. Высокая сложность решения задач большой размерности.
5. Задано $n$ точек, найти центры, располагающиеся в любой точке области, чтобы суммарное расстояние от точек до своих центров было минимально.	Решение в виде задачи нелинейного программирования большой размерности. Высокая сложность вычислений даже при небольших $n$ и $k$ .
6. Найти $n$ произвольных точек, находящихся в любых точках области и центры, располагающиеся в любой точке области, чтобы суммарное расстояние от точек до своих центров было минимально.	Решение в виде задачи нелинейного программирования сверх большой размерности.

Резюмируя все вышеприведенные подходы к моделированию и решению задачи оптимизации местоположения терминально-логистических объектов, следует отметить, что при размещении контейнерных терминалов необходим подход, который бы увязывал данные о местоположении отдельных грузоотправителей и грузополучателей, объёмы их контейнеропригодной продукции с конкретной сетью железных дорог на основе критериев минимизации затрат при перевозках в тонно-километрах

[136], [151]. Но при этом, основным требованием к такому подходу является возможность решать оптимизационные задачи очень большой размерности, поскольку речь идет о создании инфраструктуры КТС всей страны.

Так, в настоящем исследовании предлагается создание двухуровневой терминальной инфраструктуры КТС.

На первом уровне целесообразно целью оптимизации выбрать сокращение затрат на перевозку в интересах грузоотправителей (грузополучателей) - клиентов. Для этого необходимо решить задачу разбиения всего множества клиентов на подмножества с центрами, обладающими оптимальными свойствами [151].

На втором уровне полученные «центры» должны разбиваться на подмножества с центрами на сети железных дорог, оптимизируя критерий минимальных затрат на подвоз-развоз. Интегральные критерии оптимизации не должны ограничиваться только учетом расстояний и объёмов перевозимых грузов. Целесообразно в модели учесть универсальную возможность расширения пространства критериев [136].

## 2.5 Постановка задачи размещения терминально-логистических объектов на основе метода кластерного анализа

Как ранее отмечалось, в исследовании рассматривается задача, основанная на долгосрочном планировании развития КТС, как части транспортного комплекса, связанная с рациональным размещением терминально-логистической инфраструктуры относительно центров промышленного производства и потребления контейнеропригодной продукции, что, в свою очередь, создаст условия для массового применения контейнерных поездов на сети железных дорог РФ [135], [136].

Для постановки и решения задачи необходимо формализовать следующие понятия и определения [135].

*Клиент* – это узлы сети ( $i$  – номер клиента), соответствующие источникам зарождения и погашения контейнеропотоков (заводы, промышленные предприятия, базы и т.п.). Местоположения всех клиентов известны.

*Контейнерный терминал (КТ)* – это узлы сети ( $j$  – номер КТ), которые соответствуют первичным пунктам приема контейнеров, загрузки в контейнеры контейнеропригодных грузов потенциальных клиентов, кроме того, на них происходит формирование челночных контейнерных поездов (ЧКП) назначением на контейнерные накопительно-распределительные центры (КНРЦ) своего региона без подборки по КТ назначения. Местоположение КТ частично известно, часть КТ необходимо дополнить и уточнить их перерабатывающую способность. Они образуют вспомогательную сеть и гарантируют выполнение основной задачи по созданию контейнерной транспортной сети.

*Челночный контейнерный поезд (ЧКП)* – поезд, сформированный на КТ $_j$  назначением на КНРЦ своего региона без учета конечной станции назначения конкретного контейнера (имеет формат передаточного поезда), и отправляется строго по расписанию вне зависимости от заполнения.

*Контейнерный накопительно-распределительный центр (КНРЦ)* – это узлы сети ( $k$  – номер КНРЦ), которые обеспечивают ускоренную переработку, распределение и консолидацию контейнеропотоков в ускоренные контейнерные поезда (УКП) назначением на КНРЦ других регионов (из  $k$ -го в  $l$ -й КНРЦ). Позволяют организовать контейнерное сообщение по принципу поточной обработки контейнеров, а также сочетать быструю перевалку с интермодальными операциями и промежуточным хранением.

*Ускоренный контейнерный поезд (УКП)* – это поезд, сформированный на КНРЦ с учетом назначения контейнеров на КТ региона и следующий на КНРЦ данного региона (имеет формат отправительского маршрута).

Кроме того, необходимо определить дуги, т.е. пути сообщения [135]:

1. Дуга клиент-КТ ( $i, j$ ).
2. Дуга КТ-КНРЦ ( $j, k$ ).
3. Дуга КНРЦ – КНРЦ ( $k_1, k_2$ ). Эти дуги существуют, только если из  $k_1$  в  $k_2$  есть ж/д путь.

$k_1$  в  $k_2$  есть ж/д путь.

Схематично данные условия представлены на рисунке 2.6.

На рисунке 2.6 точками схематически изображены места производств (клиенты), квадратами изображены КТ, треугольниками изображены КНРЦ, а линии изображают сеть железных дорог.

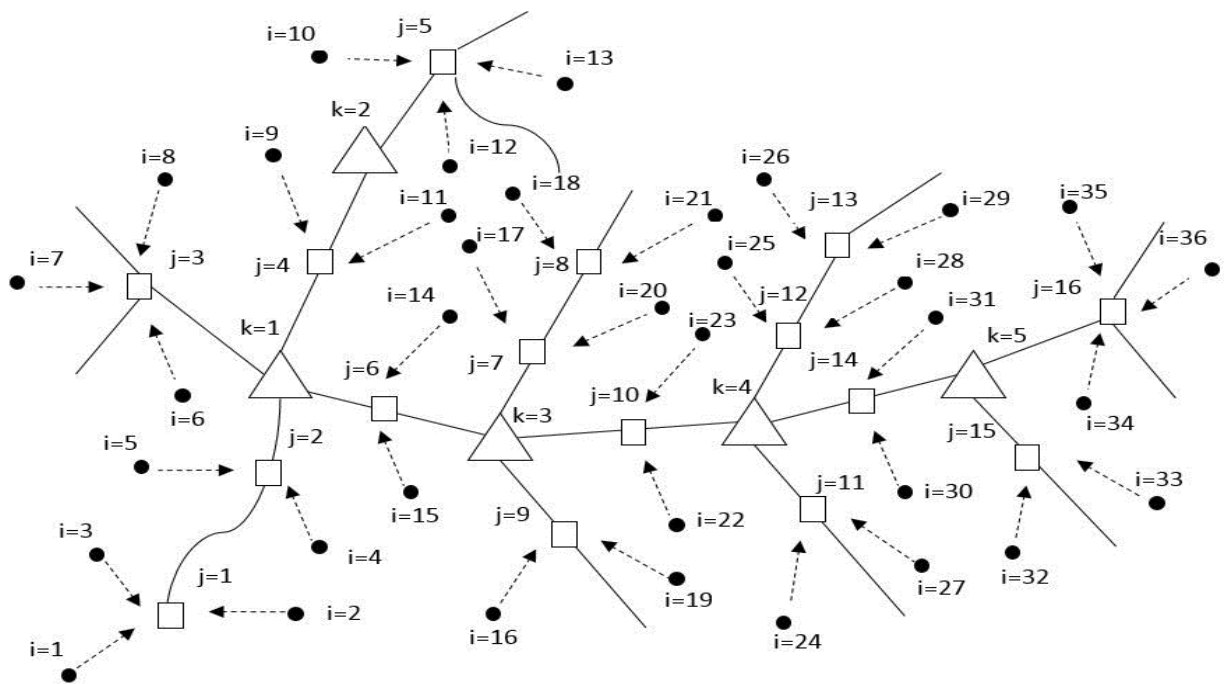


Рисунок 2.6 – Схематичная постановка задачи

В качестве упрощений примем допущения [135]:

- основная сеть магистральных железных дорог и станций, открытых по параграфу тарифного руководства для работы с контейнерами, известна;
- известно расположение существующих и множество возможных вариантов расположения КНРЦ – железнодорожные порты, существующие узловые железнодорожные станции, открытые по параграфу тарифного руководства для работы с контейнерами;

- между любыми КНРЦ могут курсировать маршрутные контейнерные поезда;
- пропускной способности автомобильных и железнодорожных путей в целом хватает, чтобы осуществлять допустимые планы перевозок;
- пункт назначения для  $i$ -го груза (клиента) можно условно считать одним из адресов КНРЦ, так как доставка из конечного КНРЦ в конечный пункт решается также, как и доставка из КТ в КНРЦ;
- ускоренный контейнерный поезд формируется из контейнеров назначением не до станции назначения, а до КНРЦ соответствующего региона, т.е. из КНРЦ  $k_1$  в КНРЦ  $k_2$ .

Рассмотрим укрупненную модель оптимизации КТС для внедрения технологии массового применения перевозок контейнеропригодной продукции в составе контейнерных поездов.

Вся задача оптимизации сети может быть разбита на несколько взаимосвязанных уровней задач.

1-й уровень: разбиение всего множества клиентов на подмножества (кластеры) с центрами кластеров, являющимися КТ. Это задача привязки  $i$ -го клиента к  $j$ -му КТ.

2-й уровень: разбиение всего множества КТ на подмножества с центрами кластеров, определяющих места расположения КНРЦ с привязкой их к существующей топологии железных дорог.

Для решения поставленных задач оптимизации КТС в настоящей работе предложена процедура кластеризации объектов - применение универсальной методологии разбиения множества объектов на подмножества со своими центрами, обладающими оптимальными свойствами. При этом использование метрик близости точек, применяемых в кластерном анализе, моделирует минимизацию расстояний при перевозке, а если в качестве «веса» каждой точки принять объём производимой/добываемой контейнеропригодной продукции производства, то можно решать задачу минимизации издержек при перевозках как задачу оптимизации кластеров и их центров.

В следующих разделах настоящего исследования будет подробно обоснована корректность и правомерность использования данного математического аппарата при решении задач, связанных с выбором мест расположения терминально-логистических объектов.

### 2.5.1 Задача размещения контейнерных терминалов относительно центров производства и потребления контейнеропригодной продукции

Скопления точек-производств на карте региона (страны) крайне неравномерны, поэтому можно искать расположение терминально-логистических объектов на основе свойств этого множества производств с учетом карты железных дорог. Так как геометрическая близость рассматриваемых объектов от центра гарантирует минимизацию расстояний при организации перевозки, а учёт «веса» каждого объекта, выраженного, например, объёмом перерабатываемой продукции, или некоторым интегральным показателем, то это приводит к оптимизации общих затрат на перевозку [150].

Итак, пусть задано множество клиентов, определяемое точками с географическими координатами  $x_i$ ,  $y_i$  и объёмом контейнеропригодной продукции  $v_i$ .

Необходимо собрать грузы (контейнеропригодную продукцию) клиентов в близлежащие КТ и сформировать из них ЧКП назначением на КНРЦ соответствующего региона без учета конечного пункта назначения отдельных грузов. Задача привязки должна решаться на основе математической модели по критерию минимума затрат на перевозку, обработку и хранение грузов клиентов. Этот минимум достигается при решении математической задачи кластеризации всех точек по алгоритмам, определяющим «центры» кластеров – КТ как центры тяжести точек (с весами

$v_i$ ), входящими в каждый кластер. То есть задача выбора оптимального местоположения КТ и привязки клиентов к КТ может быть решена на основе решения задачи кластеризации – разбиения всего множества клиентов на кластеры с «центром».

Грузооборот клиента определяется объёмом груза, перевозимого за сутки от  $i$ -го клиента в  $j$ -й КТ для пункта назначения  $k$ . Обозначим  $a_{ijk}$  объём груза из  $i$  для  $k$  в сутки, приходящего в  $j$ -й КТ.

Эта величина может зависеть от  $j$  только при решении задачи «привязки»  $i$ -го клиента к  $j$ -му КТ. После привязки, когда  $i$  связывается с единственным  $j$ , эта величина становится  $a_{ik}$  [135].

### 2.5.2 Задача создания и оптимального размещения контейнерных накопительно-распределительных центров

Задача выбора местоположения КНРЦ должна решаться по некоторому показателю эффективности, связанному с близостью КНРЦ к уже полученным КТ, а также некоторым другим показателям, участвующим в интегральном показателе размещения КНРЦ. Представляется целесообразным в качестве первоначального эскизного проекта отталкиваться от универсальной процедуры кластеризации. Постановка такой задачи имеет следующий вид [135].

Заданы точки расположения КТ и сеть основных железнодорожных направлений, по которым имеется возможность отправлять контейнерные поезда. Точки КТ уже определены как результат кластеризации клиентов в виде географических координат «центров» кластеров (КТ)  $x_j$ ,  $y_j$  и объёмом перерабатываемых контейнеров  $V_j$ . Этот объём определяется как сумма объёмов клиентов, привязанных к данному КТ.

$$V_j = \sum_{i \in S_j} v_i \quad (2.26)$$

Теперь необходимо разбить множество КТ на кластеры с центрами, находящимися на одной из станций заданной железнодорожной сети. При решении такой задачи возникает новая задача кластеризации «с проекцией центров». Решение её направлено на оптимизацию общих затрат, связанных с перевозкой контейнерной продукции от КТ до КНРЦ [135].

Отметим дополнительные проблемы, возникающие при решении этой задачи.

Во-первых, необходимо разработать математическую модель описания геометрии железнодорожной сети. Во-вторых, возникает вопрос количества кластеров и соответственно КНРЦ, которое обеспечит глобальный минимум затрат. Как будет показано ниже этот вопрос решается построением алгоритма при заданном количестве кластеров. Отметим, что при построении практических методик проектирования КТ и КНРЦ возможно задание числа кластеров из условия имеющихся инвестиционных средств.

Кроме того, при выборе терминально-логистических объектов для размещения КНРЦ необходимо учитывать критерии, присущие именно созданию КНРЦ, как крупных промышленных центров. На основании [82], в работе изучены и предложены 9 таких критериев:

1. наличие международных транспортных коридоров, проходящих по территории данного региона;
2. уровень контейнерной привлекательности региона;
3. степень готовности инфраструктуры (т.е. первоочереден принцип модернизации существующих терминалов над строительством новых);
4. наличие на станции примыкания достаточного путевого развития, либо резервов пропускной способности (либо возможностей увеличения пропускной способности в перспективе);



5. близость к крупному транспортному узлу и центру массового зарождения и/или погашения грузопотоков;
6. наличие в зоне предполагаемого размещения КНРЦ резервных мощностей инженерных сетей (прежде всего электроэнергии);
7. близость к основным (федеральным, областным) автомобильным дорогам;
8. близость к городской агломерации (данный фактор имеет значение как для организации дистрибуционной деятельности КНРЦ, так и для организации доставки на терминалы обслуживающего персонала и клиентов);
9. наличие резервов пропускной способности железнодорожной инфраструктуры на подходах к станциям примыкания.

Среди всего перечня станций выбирается подмножество возможных КНРЦ, такое, при котором время формирования и доставки груза в адрес  $k$  было бы минимальным. Так как эти времена противоречиво меняются для каждого клиента, то в качестве общего критерия оптимизации необходимо взять среднее время формирования и доставки груза от  $i$ -го клиента до пункта назначения  $k$

$$\frac{\sum_{i,k} t_{ik}}{I \times K} \rightarrow \min . \quad (2.27)$$

Заметим, что эту задачу можно решать до привязки КТ к КНРЦ, считая, что в любом случае грузы из  $i$  в  $k$  проходят через некоторый пока условный КТ, который характеризуется некоторым усредненным показателем задержки формирования для данного региона.

Задача уточнения выбора мест расположения КНРЦ решается после решения задачи привязки КТ к КНРЦ.

В каждом  $l$ -м КНРЦ в какой-то момент времени имеется  $b_{ik}$  контейнеров  $i$ -го клиента для  $k$ -го КНРЦ. Тогда контейнерный поезд из  $c_k$  контейнеров для  $k$ -го получателя формируется из условия:

$$\sum_i b_{ik} = c_k. \quad (2.28)$$

Если динамика поступления грузов клиентов известна, то можно оценить время формирования контейнерного поезда, а также, используя сроки доставки по железной дороге, получить общее время формирования и доставки груза из  $i$  в  $k$  [135].

## 2.6 Выводы по главе

1. В работе отмечается, что основу транспортной системы России составляет железнодорожный транспорт и, соответственно, именно он должен являться движущей силой в развитии отечественного контейнерного рынка. Формирование и функционирование КТС должно обеспечивать рациональное сочетание отраслевых принципов работы транспорта с общетранспортными в интересах всей экономики страны.

2. В работе были сформулированы цели, принципы, задачи и основные направления деятельности по развитию КТС РФ. В свою очередь, при выборе основных направлений деятельности по развитию контейнерных перевозок в настоящей работе принималось во внимание то, что они должны соответствовать основным приоритетам и задачам, которые отражены в государственных и отраслевых программных документах, а также концепциях РФ.

3. Развитие технических и технологических решений КТС рассматривается как задача, направленная на разработку стратегических решений по развитию инфраструктуры национальной КТС и формирование условий, способствующих повышению уровня контейнеризации, внедрению перспективных транспортных продуктов, таких как контейнерные поезда.

Концептуальная модель организации функционирования КТС рассматривается как комплексное решение, состоящее из

1) развития и модернизации терминально-логистической инфраструктуры;

2) совершенствования технологий системы организации перевозок контейнерных грузов на основе клиентоориентированного подхода.

4. В работе предложена концептуальная модель двухуровневой терминально-логистической инфраструктуры КТС, а именно: 1 уровень – сеть контейнерных терминалов (КТ), накапливающих контейнерные грузы от предприятий, и 2 уровень – сеть контейнерных накопительно-распределительных центров (КНРЦ), накапливающих контейнеропотоки от КТ, обеспечивающих формирование контейнерных поездов. Создание такой двухуровневой сети перевозок позволит концентрировать объемы контейнеропригодной продукции, необходимой для формирования контейнерных поездов, исключить длинные сроки их накопления, а также увеличить скорость доставки грузов в контейнерах.

Для обеспечения гарантированной доставки контейнерных грузов получателю в установленные сроки, помимо ускоренных контейнерных поездов, курсирующих между КНРЦ, предлагается формировать с КТ на КНРЦ челночные контейнерные поезда (ЧКП) с продвижением их по «жестким ниткам» графика, что соответствует клиентоориентированной технологии.

5. В работе рассмотрены некоторые классические задачи для решения проблем выбора мест расположения объектов терминально-логистической инфраструктуры. Все они изучают оптимальные свойства расположения точек на плоскости и, как было показано в работе, дают алгоритмы, которые можно использовать в более общей постановке задачи оптимизации размещения транспортных объектов. Так, в работе рассмотрены методы нахождения оптимальных центров на плоскости, если заданы координаты и «вес» точек:

- задачи Торичелли-Штейнера;
- задачи «о центрах обслуживания потребителей»;
- задачи оптимизации мест терминально-логистических центров на основе задачи математического программирования;
- практические методики определения мест создания контейнерных терминалов.

6. Установлено, что рассмотренные классические задачи определяют оптимальные свойства некоторых точек-«центров», когда множество точек задано. Необходимо отметить, что в поставленной задаче оптимизации двухуровневой сети КТС «центры» должны соответствовать не заданному исходному множеству точек, а подмножествам заданного множества, которые заранее неизвестны. Их вариация и даёт дополнительный резерв оптимизации.

7. Выявлено, что решение оптимизационных задач по выбору мест расположения КТ и КНРЦ при помощи графовых моделей и математического программирования при многих комбинаторных ограничениях приводят к сложным вычислительным процедурам переборного характера, что не позволяет применять их в рамках территорий федеральных округов или всей страны.

8. В результате анализа существующих практических методик определения местоположения терминально-логистических объектов установлено, что они не учитывают количество объектов, места их размещения относительно промышленного производства, объёмы грузопотоков от отдельных грузоотправителей и грузополучателей, и существующую топологию железных дорог. В существующих методиках не оптимизируются целевые параметры создания сети транспортной инфраструктуры.

В работе предложена постановка задачи размещения терминально-логистических объектов КТС. Основной идеей для решения общей задачи выбора оптимальной двухуровневой сети терминально-логистических объектов КТС, реализующих технологию контейнерных поездов на основе

клиентоориентированного подхода, является применение единой методологии, основанной на методах кластерного анализа. При этом использование метрик близости точек, применяемых в кластерном анализе, моделирует минимизацию расстояний при перевозке, а если в качестве «веса» каждой точки принять объём производимой/добываемой контейнеропригодной продукции производства, то можно решать задачу минимизации издержек при перевозках как задачу оптимизации кластеров и их центров.

### **3 МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КОНТЕЙНЕРНОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА**

#### **3.1 Понятие «уровень контейнеризации грузов» и «уровень контейнерной привлекательности региона»**

Одним из важных показателей развития транспортной системы государства в целом и контейнерной транспортной системы (КТС) в частности является уровень контейнеризации грузов. Данный показатель по своей сути определяет долю грузов, перевозимых в контейнерах, в общем объеме грузовых перевозок.

Однако важно отметить, что в ходе литературного обзора трудно выявить общепринятый способ расчета и определения уровня контейнеризации грузов. Во многих документах часто используются разные понятия уровня контейнеризации. Так, в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года говорится об «уровне контейнеризации перевозимых грузов» и «степени контейнеризации грузоперевозок»; в Концепции комплексного развития контейнерного бизнеса в холдинге ОАО «РЖД» используются понятия «уровень контейнеризации грузопотоков на железных дорогах России», «уровень контейнеризации грузооборота сети РЖД», «уровень контейнеризации контейнеропригодных грузов» [130].

Каждый из этих показателей рассчитывается как отношение объема грузов, фактически перевезенных в контейнерах, к определенному объему грузопотоков (грузопотоки всей транспортной системы страны или отдельного вида транспорта, грузопотоки всех видов грузов или только контейнеропригодных и пр.) [130].

Вероятно, именно в связи с этим, часто возникают значительные расхождения данных различных источников по значению этого показателя. Так, например, в некоторых документах отмечается, что уровень

контейнеризации грузов в европейских странах достигает 30%, в то время как в зарубежных источниках говорится об уровне контейнеризации в этих странах порядка 90% [227]. Аналогична ситуация и с российским рынком контейнерных перевозок: уровень контейнеризации, согласно различным исследованиям, варьируется от 5% до 55%.

Поэтому одним из актуальных направлений деятельности в данной транспортной отрасли является проведение мониторинга функционирования и развития контейнерных перевозок, включая совершенствование статистического учёта. Необходима стандартизация учёта контейнерных и контейнеропригодных грузов, которая бы позволила определять «узкие места» соответствующей транспортно-логистической инфраструктуры, что, в свою очередь, позволит оперативно принимать управленческие решения.

В связи с этим, необходимо дать четкую характеристику показателя «уровень контейнеризации». При этом необходимо учитывать, что, во-первых, данный показатель может быть рассчитан отдельно для каждого вида транспорта и для транспортной системы страны в целом. Рассчитать уровень контейнеризации для железнодорожного транспорта не вызывает затруднений, а вот при расчете уровня контейнеризации автомобильного транспорта (рынок которого насчитывает более 1000 только крупных перевозчиков, не считая мелких, у которых в парке от одного до десяти автомобилей) могут возникнуть сложности со сбором достоверной статистической информации. Во-вторых, уровень контейнеризации может быть рассчитан отдельно для каждой номенклатурной группы грузов. Очевидно, что уровень контейнеризации тарно-штучных грузов будет значительно выше уровня контейнеризации наливных грузов. Именно этим определяется высокий уровень контейнеризации грузов в зарубежных странах, ведь при расчете этого показателя иностранные специалисты учитывают лишь грузовые перевозки тарно-штучных грузов.

Все возможные варианты нахождения рассматриваемого показателя представлены на рисунке 3.1 (пунктирной линией отмечены все возможные

варианты расчета уровня контейнеризации, а сплошной линией отмечены рекомендуемые автором варианты определения уровня контейнеризации).

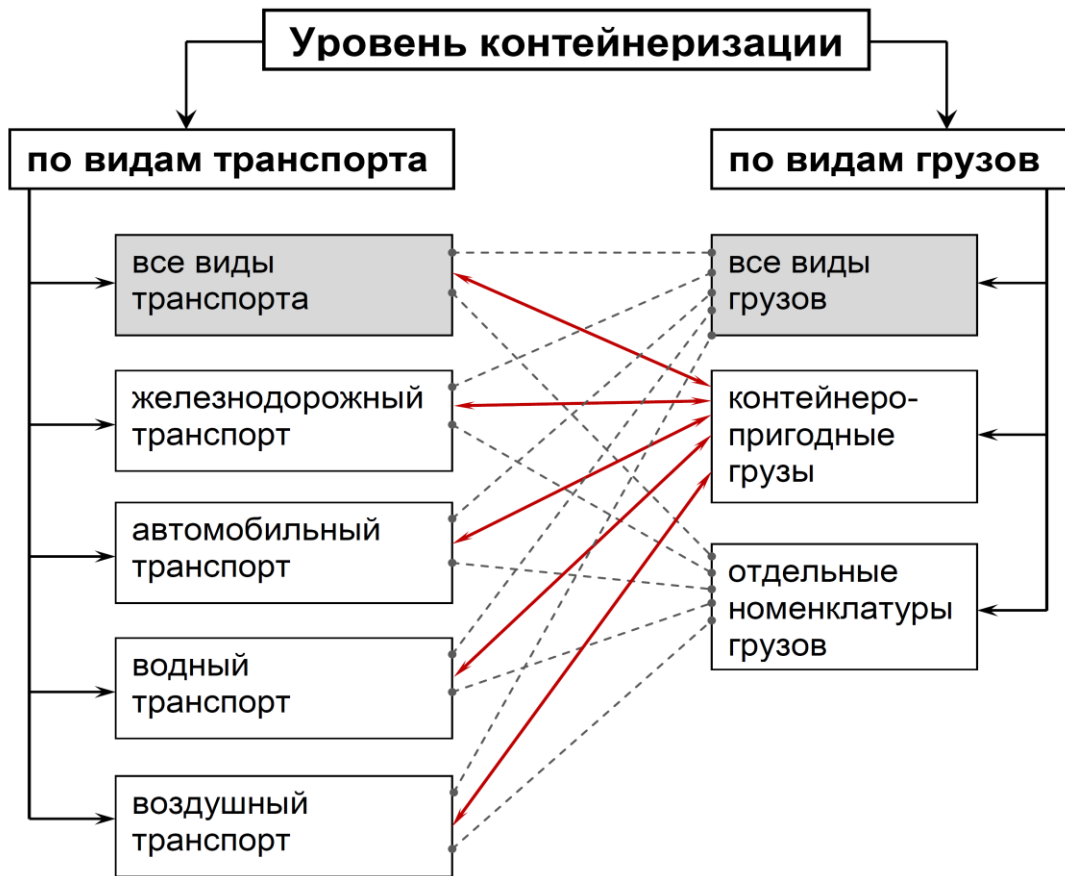


Рисунок 3.1 – Варианты определения уровня контейнеризации грузов

Опираясь на вышесказанное, наиболее верным и целесообразным будет определять уровень контейнеризации грузов, именно: как отношение объемов грузов, перевозимых в контейнерах, к общему объему перевозок контейнеропригодной продукции.

$$\text{Уровень контейнеризации} = \frac{Q_{КП}}{V_{\text{конт. прод.}}} \times 100\% \quad (3.1)$$

где  $Q_{КП}$  – объем грузов, перевозимых в контейнерах;

$V_{\text{конт. прод.}}$  - общий объем перевозок контейнеропригодной продукции.



Данный вариант нахождения этого показателя является наиболее объективным и позволяет достаточно полно отражать положение дел на контейнерном рынке. Используемый во многих исследованиях показатель - «уровень контейнеризации грузооборота сети РЖД» - может быть увеличен и без развития инфраструктуры контейнерных перевозок, а только за счет уменьшения объемов перевозок массовых грузов. В то время, как повышение уровня контейнеризации контейнеропригодной продукции, будет говорить о росте спроса на перевозки грузов в контейнерах и развитии контейнерного сервиса.

Уровень контейнеризации грузов, безусловно, является важным показателем развития КТС страны. Однако он определяет, именно, результат работы субъектов транспортного рынка и может быть рассчитан только после осуществления перевозок.

В сложившихся сегодня условиях, при необходимости разработки конкретных мероприятий по развитию КТС страны и реализации программы развития сети контейнерных терминалов, необходимо иметь показатель, который бы отражал потенциал контейнеризации определенного региона страны, и мог быть рассчитан до осуществления перевозок. Такой показатель будет полезен при планировании и прогнозировании развития инфраструктуры контейнерных перевозок.

В связи с этим, предлагается ввести понятие «уровень контейнерной привлекательности региона», который характеризует потенциал региона в части развития контейнерных перевозок и повышения эффективности всей КТС страны.

Уровень контейнерной привлекательности региона – это комплексный показатель, отражающий контейнеропригодность производимой (добываемой) на территории региона страны продукции, уровень развития транспортной инфраструктуры данного региона, а также прогноз изменения социально-экономической ситуации в регионе страны и государстве в целом [133].

Для определения уровня контейнерной привлекательности региона  $\Pi_R$  в исследовании предлагается методика, базирующаяся на многокритериальном подходе определения уровня контейнеропригодности добываемой или производимой продукции  $Y_{кп}$ , экспертных оценках уровня развития транспортного рынка региона  $Y_{тп}$  и состояния региональной транспортной инфраструктуры, а также уровня экономического развития региона  $Y_{эк}$ .

$$\Pi_R = f\{Y_{кп}, Y_{тп}, Y_{эк}\}. \quad (3.2)$$

Ниже рассматривается методика получения этой характеристики.

### 3.2 Математическая модель оценки уровня контейнеропригодности добываемой и производимой продукции региона

Рассмотрим первую составляющую показателя «уровень контейнерной привлекательности региона» - *уровень контейнеропригодности*  $Y_{кп}$ .

Все товары, становящиеся грузами с началом процесса транспортировки, можно классифицировать по многим признакам.

В зависимости от транспортных характеристик, физико-химических свойств продукции, маршрута перевозок (дальности перевозки, используемых видов транспорта) все генеральные грузы можно также разделить на контейнеропригодные и контейнернепригодные грузы. В различных источниках дается разная трактовка этого понятия.

Так в [31], контейнеропригодными называют грузы, перевозка которых в контейнерах возможна и экономически целесообразна, а контейнернепригодными - грузы, перевозка которых в контейнерах возможна, но экономически нецелесообразна, однако авторы не уточняют как определить экономическую целесообразность контейнерной перевозки.

В работе [75] контейнеропригодными автор называет грузы, которые целесообразно перевозить укрупненными грузовыми транспортными единицами (УГЕ) - в пакетах, на поддонах, паллетах, доллтрейлерах или на специальных многоколесных тележках.

В свою очередь, при данном определении контейнеропригодности автор не учитывает экономическую эффективность перевозки, кроме того, не ясно как определить целесообразность перевозки УГЕ.

Согласно глоссарию, приведенному на официальном сайте ПАО «ТрасКонтейнер», под контейнеропригодными следует понимать грузы, пригодные для перевозки в контейнерах, или грузы, для которых контейнер является оптимальным или единственно возможным средством перевозки.

В данном случае, не ясны критерии оптимальности, которые предлагается учитывать для того или иного груза при организации перевозки.

В работе [38] приводится классификация, согласно которой по отношению к контейнерам грузы подразделяются на контейнеропригодные и контейнеронепригодные, однако расшифровка каждого из понятий не дается.

Таким образом, проведенный анализ выявил, что до настоящего момента нет не только точного определения контейнеропригодности той или иной продукции, но и не ясно, как ее определять.

В рамках настоящего исследования автором предлагается следующая математическая модель оценки уровня контейнеропригодности производимой/добываемой продукции [133].

Оценивать «уровень контейнеропригодности» продукции предлагается по шкале от «0» (продукция контейнеронепригодная) до «1» (продукция контейнеропригодная). При этом данный показатель учитывает не только возможность перевозки производимой продукции в контейнере (технологический критерий контейнеропригодности), но и необходимость транспортировки и перегрузки груза с одного вида транспорта на другой в процессе доставки (логистический критерий контейнеропригодности), а также

ценность продукции по соотношению цена товара – стоимость транспортировки (экономический критерий контейнеропригодности).

Обозначим  $J_{ij}^k$  - уровень контейнеропригодности  $k$ -ой продукции, находящейся в  $i$ -ом пункте и требующей перевозки в  $j$ -ый пункт. Учитывая

множественность конечных пунктов  $j$ , получим:  $\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n J_{ij}^k = J_i^k$  [133].

$J_i^k$  - это общей средней уровень контейнеропригодности  $k$ -ой продукции в пункте  $i$ .

Как отмечалось выше, для всесторонней оценки уровня контейнеропригодности продукции предлагается выделить три наиболее важных критерия: технологический, транспортно-логистический и экономический (см. рис. 3.2).

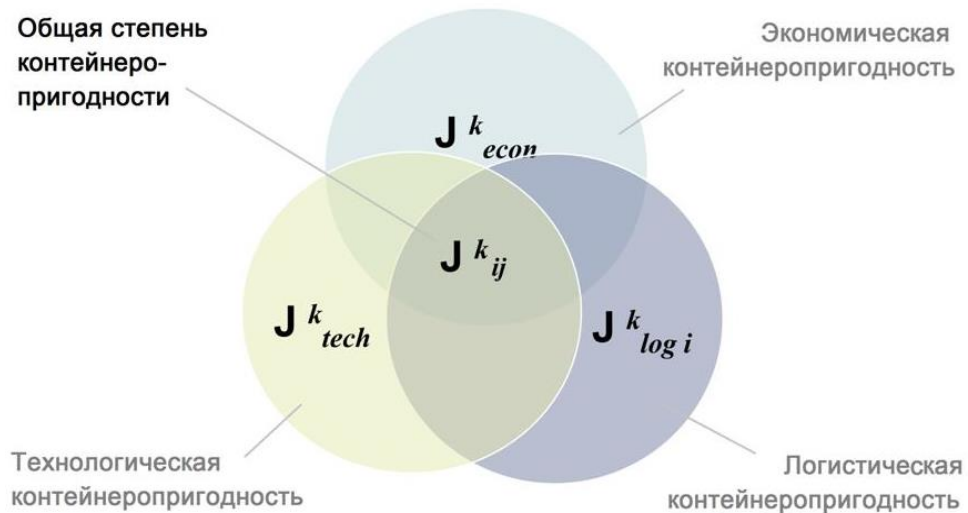


Рисунок 3.2 – Критерии для определения уровня контейнеропригодности производимой или добываемой продукции

Контейнеропригодность продукции по технологическому критерию ( $J^k_{tech}$ ) зависит от требуемого типа контейнера (универсального или специализированного), а также дополнительного оборудования, необходимого для осуществления перевозки  $k$ -ой продукции [133].

$J_{tech}^k = 1$ , если продукцию  $k$  можно перевезти в стандартном контейнере без дополнительных затрат на оборудование.

Пусть  $\Delta T_+^k$  - дополнительные удельные затраты, необходимые для осуществления перевозки  $k$ -ой продукции в контейнере (затраты на полимерные герметичные вкладыши, использование оборудования систем затарки контейнера, конвейера, пневмо- и вакуумного оборудования, контейнерного кантователя, наклонного шасси/наклонной платформы [95] и пр.), а  $T_+^k$  - тариф перевозки  $k$ -ой продукции в контейнере. В случае, если продукция не пригодна к перевозке контейнерной отправкой, принимается  $\Delta T_+^k = \infty$ .

Тогда величина  $J_{tech}^k$ , будет определяться по следующей формуле:

$$J_{tech}^k = \frac{T_+^k}{T_+^k + \Delta T_+^k}; J_{tech}^k \in [0, 1]. \quad (3.3)$$

Ключевым преимуществом использования контейнера является то, что он позволяет удешевить и упростить погрузку/выгрузку груза, его перевалку с одного транспортного средства на другое, тем самым, повысить эффективность перевозки грузов в мультимодальном сообщении [24, 95, 191].

Учесть данный факт при определении уровня контейнеропригодности продукции позволяет транспортно-логистический критерий. Очевидно, что этот показатель связан не только с видом продукции  $k$ , но и с маршрутом перевозки из  $i$  в  $j$  и видом транспорта.

В математической модели для оценки уровня контейнеропригодности по транспортно-логистическому критерию ( $J_{logi}^k$ ) обозначим [133]:

$M_{ij}^k$  - объем  $k$ -ой продукции, находящейся в пункте  $i$  и требующей перевозки в пункт  $j$  с перегрузкой в пути следования с одного вида транспорта на другой;

$P_{ij}^k$  - общий объем перевозок  $k$ -ой продукции из  $i$ -го пункта в  $j$ -ый пункт.

Тогда общие объёмы произведенной продукции в  $i$ -ом пункте, требующие перегрузки в пути следования, и общие объёмы перевозок  $k$ -ой продукции, будут рассчитываться по формулам:

$$M_i^k = \sum_{j=1}^n M_{ij}^k ; P_i^k = \sum_{j=1}^n P_{ij}^k . \quad (3.4)$$

В этом случае, уровень контейнеропригодности по транспортно-логистическому критерию определяется, как

$$J_{\log i}^k = \frac{\sum_{j=1}^n M_{ij}^k}{\sum_{j=1}^n P_{ij}^k} ; J_{\log i}^k \in [0, 1] . \quad (3.5)$$

Если в процессе перевозки из  $i$ -го пункта в пункт  $j$  продукция  $k$  не перегружается с одного транспортного средства на другое или вовсе не вывозится из пункта  $i$ , то, очевидно, в этом случае для такого  $i$  и  $k$   $J_{\log i}^k = 0$ .

В свою очередь, экономический критерий контейнеропригодности ( $J_{econ}^k$ ) показывает экономическую целесообразность доставки  $k$ -ой продукции с использованием контейнера [133].

При этом уровень контейнеропригодности по экономическому критерию тем выше, чем:

а) выше стоимость  $k$ -ой продукции по отношению к стоимости перевозки  $T_+^k$ ;

б) больше убыток (нормативный) ( $L^k$ ), вызванный порчей груза при перевозке «неконтейнерным» способом, по отношению к разнице в тарифе за перевозку груза в контейнере и другим альтернативным способом транспортировки.

Для оценки  $J_{econ}^k$  определим рейтинги уровня контейнеропригодности продукции по экономическому критерию согласно условиям «а» и «б».

Обозначим  $S^k$  - стоимость  $k$ -ой продукции;  $L^k$  - средний нормативный убыток от порчи груза, перевозимого без контейнера;  $T_+^k$  - тариф перевозки  $k$ -ой продукции в контейнере;  $T_-^k$  - тариф перевозки  $k$ -ой продукции без контейнера [133].

Тогда для каждой  $k$ -ой продукции, можно вычислить удельный вес условия «а» -  $r_k$  и удельный вес условия «б» -  $P_k$  из равенств:

$$\left. \begin{aligned} S^k &= r_k \times T_+^k, \\ L^k &= P_k \times (T_+^k - T_-^k), \\ L &> T_+^k - T_-^k, \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

Для определения рейтингов  $k$ -ой продукции  $R_a^k$  и  $R_b^k$  вычислим максимальные значения из определенных  $r_k$  и  $P_k$ :  $\max_k r_k = r_{\max}$  и  $\max_k P_k = P_{\max}$ . Тогда,

$$\left. \begin{aligned} R_a^k &= \frac{r_k}{r_{\max}}, R_a \in [0,1]; \\ R_b^k &= \frac{P_k}{P_{\max}}, R_b \in [0,1]. \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

В качестве общего показателя уровня контейнеропригодности по экономическому критерию  $J_{econ}^k$  предлагается использовать следующие выражения [133].

1. Расчет среднего показателя:

$$J_{econ}^k = \frac{R_a^k + R_b^k}{2}. \quad (3.8)$$

2. Расчет на лучший показатель:

$$\begin{cases} J_{econ}^k = R_b^k, & \text{если } R_b^k > R_a^k \\ J_{econ}^k = R_a^k, & \text{если } R_a^k > R_b^k \end{cases}. \quad (3.9)$$

3. Расчет на худший показатель:

$$\begin{cases} J_{econ}^k = R_b^k, & \text{если } R_b^k < R_a^k \\ J_{econ}^k = R_a^k, & \text{если } R_a^k < R_b^k \end{cases} \quad (3.10)$$

Заметим, что «технический» ( $J_{tech}^k$ ) и «экономический» ( $J_{econ}^k$ ) критерии не связаны с конкретным пунктом  $i$ , в то время как «транспортно-логистический» критерий ( $J_{logi}^k$ ) зависит от исходного пункта  $i$ .

На заключительном этапе производим многокритериальную оценку общего уровня контейнеропригодности  $k$ -ой продукции в  $i$ -ом пункте ( $J_i^k$ ).



Такой оценкой является сам вектор  $\vec{J}_i^k = (J_{tech}^k, J_{logi}^k, J_{econ}^k)$ . Полученные критерии «сворачиваем» в один скалярный критерий, используя функцию свертки  $J_i^k = f(J_{tech}^k, J_{logi}^k, J_{econ}^k)$ . В работе рассмотрены различные виды  $f$ .

1. Весовая сумма:

$$J_i^k = \alpha_1 \times J_{tech}^k + \alpha_2 \times J_{logi}^k + \alpha_3 \times J_{econ}^k, \quad (3.11)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  - весовые коэффициенты, причем  $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ .

Чем больше  $\alpha_l$ , тем большее влияние в решении оказывает критерий под номером  $l$ .

2. Мультипликативный критерий:

$$J_i^k = J_{tech}^k \times J_{logi}^k \times J_{econ}^k, \quad (3.12)$$

самый пессимистический подход к оценке уровня контейнеропригодности продукции, так как величина  $J_i^k$  всегда меньше самого маленького значения из трех компонент  $J_{tech}^k$ ,  $J_{logi}^k$  и  $J_{econ}^k$ .

3. Максимальный критерий:

$$J_i^k = \min \{ J_{tech}^k, J_{logi}^k, J_{econ}^k \} \rightarrow \max, \quad (3.13)$$

в этом случае общий уровень контейнеропригодности продукции  $J_i^k$  будет равняться наименьшей из трех компонент  $J_{tech}^k$ ,  $J_{logi}^k$  и  $J_{econ}^k$ .

Таким образом на основании выбранного пользователем подхода 1, 2 или 3 получаем величины  $J_i^k$ . Обобщая её для всех видов продукции, получим среднее взвешенное значение для предприятия  $i$

$$J_i = \frac{\sum_{k=1}^p Q_{ik} J_i^k}{\sum_{k=1}^p Q_{ik}}, \quad (3.14)$$

где  $p$  – количество видов продукции на предприятии;

$Q_{ik}$  – объём продукции  $k$ -го вида на  $i$ -м предприятии.

Эта величина будет использоваться далее для определения объёма контейнеропригодной продукции  $i$ -го предприятия  $V_i = Q_i J_i$ . (см. глава 5).

Для характеристики всего региона предлагается использовать величину

$$Y_{kn} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i J_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (3.15)$$

где  $n$  – количество предприятий региона;

$Q_i$  – объём продукции  $i$ -го предприятия.

На основании предлагаемой математической модели разработан программный продукт, позволяющий рассчитывать объёмы в тоннах и в ДФЭ контейнеропригодной продукции, производимой в рассматриваемом регионе. Интерфейс программного продукта представлен на рисунке 3.3.

Этап 3 - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Настройки

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число

В13 fx Автомобили-самосвалы, предназначенные для использования в условиях бездорожья

		ТРЕБУЕМЫЙ ТИП КОНТЕЙНЕРА И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ										Нет, требуется перевести контейнерной отправкой
		Контeйнер общего назначения		Контeйнер специального назначения		Специализированный контeйнер			Дополнительное оборудование			
		General purpose container	Open top container	Flat Rack container	Flatbed container	Thermal container	Dry bulk container	Tank container	BIG Red Dry Liners или BIG Red Flexi Tank	Оборудование систем затарки, кантователи, конвейеры и пр.		
1	Исходные данные: <a href="http://www.fedstat.ru/indicator/data.do?id=0636">http://www.fedstat.ru/indicator/data.do?id=0636</a>											
2												
3												
4												
98	94 прочая	2										
99	95 Бумага чертeжная, кроме ручного отлива	2										
100	96 Бумага этикеточная для печатания	2										
101	97 Бумага-основа для облицовочных материалов	2										
102	98 Бумага-основа для парафинирования	2										
103	99 Бумага-основа немелованная для обоев в рулонах или листах с массовой долей волокон не более 10%, полученных механическим способом	2										
104	100 Бумага-основа различного назначения	2										
105	101 Бутылки, бутылки, флаконы и аналогичные изделия из полимеров	10										
106	102 Бутылки из бесцветного стекла для напитков и пищевых продуктов	10										
107	103 Бутылки из стекла для напитков и пищевых продуктов	10										
108	104 Бутылки из цветного стекла для напитков и пищевых продуктов	10										
109	Ботовые кухонные комбинированные газозлектрические плиты, имеющие	7										

Готово

Рисунок 3.3 – Стартовая страница программного продукта для определения уровня контейнеропригодности производимой и/или добываемой продукции

На первом этапе производится ввод статистической информации о видах и объёмах продукции, производимых в рассматриваемом регионе страны  $Q_{ik}$ , где  $i$  – номер региона,  $k$  – номер вида продукции. Затем производится разделение продукции по технологическому признаку – на продукцию технологически пригодную к перевозке в контейнере  $Q_{ik}^{mex}$  и продукцию ограниченно пригодную или не пригодную к перевозке в контейнере  $Q_{ik}^{mex*}$ . При расчете  $Q_{ik}^{mex}$  учитывается, в каком типе контейнера возможна транспортировка: в универсальном или специализированном контейнере.

Контейнеропригодная продукция  $Q_{ik}^{mex}$  делится по логистическому признаку, который отражает необходимость транспортировки продукции из региона производства и необходимость перегрузки груза с одного вида транспорта на другой в процессе его доставки [130]. Далее рассчитываются

соответствующие данные:  $Q_{ik}^{log}$  – объём продукции, при перевозке которой задействовано два и более видов транспорта,  $Q_{ik}^{log*}$  – объём продукции, перевозимой одним видом транспорта без перегрузки.

Для определения экономичности перевозки продукции определяется часть объёма  $Q_{ik}^{log}$  той продукции, стоимость которой значительно выше стоимости перевозки, а убыток грузовладельцев из-за возможной порчи груза при перевозке его повагонной отправкой (или другим «неконтейнерном» способе перевозки) выше разницы тарифа на перевозку в контейнере и альтернативного способа перевозки. Рассчитываются соответствующие данные:  $Q_{ik}^{экон}$  – продукция, контейнеризация которой нецелесообразна по экономическому критерию,  $Q_{ik}^{экон}$  – продукция, контейнеризация которой экономически целесообразна.

В итоге, на основании значений  $Q_{ik}^{mex}$ ,  $Q_{ik}^{log}$ ,  $Q_{ik}^{экон}$  по методике п. 3.2 производится расчет интегрального показателя  $Y_{кп}$ .

Результаты расчетов выдаются в табличной форме, представленной на рисунке 3.4, где выделяются объём производства по номенклатурным группам и наименованиям продукции, расчётный показатель уровня контейнеропригодности продукции по каждому наименованию и общим итогом, а также объёмы контейнеропригодной продукции в тоннах и ДФЭ по каждому наименованию и общим итогом [133].

Таким образом, разработанные математическая модель многокритериальной оценки уровня контейнеропригодности производимой/добываемой продукции и программный продукт, позволяют оценивать контейнеропригодность конкретной грузовой базы рассматриваемого региона страны, что, в свою очередь, является одним из факторов комплексного показателя «контейнерной привлекательности региона», определение которого, будет способствовать разработке экономически обоснованных мероприятий по устранению проблем структурной несбалансированности развития отечественного рынка перевозок грузов в контейнерах; наиболее точно оценивать перспективы строительства

или реконструкции объектов терминально-логистической инфраструктуры, их количества и потребной перерабатывающей способности, а также определять эффективность назначения контейнерных поездов на выбранных направлениях.

Наименование производимой продукции	Ед. измерения	Объем производства	Раздел ЕТСНГ	Подраздел ЕТСНГ	Jcont	Объем		
						контейнеропригодной продукции, тыс. тонн	контейнеропригодной продукции, тыс. ДФЭ	
Айран	Тысяча тонн	0,0126		9	55	0,81468	0,010240528	0,000512026
Алкилсульфаты - активная основа для моющих средств	Тысяча тонн	3		8	47	0,95	3,1825	0,159125
Аминосоединения, включающие кислородсодержащую	Тысяча тонн	46,2723		12	73	0,82	37,943286	1,8971643
Ангидрид фталевый	Тысяча тонн	130		12	72	0,80436	104,7180197	5,235900984
Анилин	Тысяча тонн	11		12	72	0,80436	8,69432724	0,434716362
Антибиотики	Тысяча тонн	0,0036		8	44	0,96	0,003456	0,0001728
							0	0
Антидетонаторы, присадки к топливу и смазочным материалам	Тысяча тонн	150,9069		8	44	0,96	144,870624	7,2435312
Арматура электроизоляционная полимерная	Тысяча тонн	0,2848		8	46	0,88532	0,252139136	0,012606957
Асбест хризотилловый (хризотил)	Тысяча тонн	413		8	46	0,88532	365,2794907	18,26397454
Ацетилен	Тысяча тонн	0,2036		8	46	0,88532	0,180251152	0,009012558
Аццидофиллин	Тысяча тонн	0,5381		9	55	0,81468	0,438387455	0,021919373
Бандажи и кольца	Тысяча тонн	9		9	57	0,816	7,6704	0,38352
Баранина парная, остывшая, охлажденная	Тысяча тонн	0,2678		9	56	0,82	0,2195878	0,01097939
Баранина подмороженная, замороженная, глубокой заморозки	Тысяча тонн	0,0008		9	56	0,82	0,000656	0,0000328
Белок кормовой	Тысяча тонн	52,9923		9	56	0,82	43,453686	2,1726843
Бензол	Тысяча тонн	586,0961		12	71	0,79364	465,1493088	23,25746544
Блюда готовые из ракообразных, моллюсков и прочих водных	Тысяча тонн	0,0004		10	63	0,85	0,00034	0,000017
Бумага - всего	Тысяча тонн	1 510		2	13	0,98	1480,08126	74,004063
Бумага газетная в рулонах или листах	Тысяча тонн	847		2	13	0,98	830,501	41,52505
Бумага для гофрирования (средний слой гофрированного)	Тысяча тонн	411		2	13	0,98	402,40662	20,120331
Бумага и картон	Тысяча тонн	2 024		2	13	0,98	1983,34066	99,167033
Бумага офсетная для печати	Тысяча тонн	37		2	13	0,98	35,97972	1,798986
Бумага писчая и тетрадная	Тысяча тонн	5		2	13	0,98	4,4688	0,22344
Ванадия пятиокись товарная	Тысяча тонн	0		7	42	-		
Варец	Тысяча тонн	4,3683		8	46	0,88532	3,867343356	0,193367168
Веревка	Тысяча тонн	0		10	62	0,85	0,1394	0,00697
Вещества дубильные синтетические органические и	Тысяча тонн	11,5842		8	46	0,88532	10,25572394	0,512786197
Вещества органические поверхностно-активные, кроме мыла	Тысяча тонн	62,4993		8	46	0,88532	55,33188028	2,766594014

Рисунок 3.4 - Результаты работы программы по оценке уровня контейнеропригодности производимой и/или добываемой продукции

### 3.3 Методика определения уровня контейнерной привлекательности региона

На первом этапе расчета уровня контейнерной привлекательности региона оценивается возможность перевозки в контейнерах продукции, производимой (или добываемой) на территории рассматриваемого региона, а именно: уровень контейнеропригодности продукции  $Y_{кл}$ . Методика вычисления этого итогового показателя приведена выше. Этот показатель отражает не только возможность перевозки производимой продукции в

контейнере (технологический аспект контейнеропригодности), но и учитывает необходимость транспортировки и перегрузки груза с одного вида транспорта на другой в процессе доставки (логистический аспект контейнеропригодности), а также ценность продукции по соотношению цена товара – стоимость транспортировки (экономический аспект контейнеропригодности).

На втором этапе, после определения уровня контейнеропригодности производимой продукции на территории региона, необходимо оценить уровень развития транспортного рынка региона и состояние региональной транспортной инфраструктуры  $Y_{тр}$ .

Показатель определяется методом экспертных оценок на основании следующих показателей:

- наличие в регионе крупных транспортных компаний и операторов контейнерных перевозок;
- наличие в регионе крупных транспортно-логистических комплексов;
- количество станций, открытых для работы с контейнерами;
- наличие примыкания железнодорожных путей необщего пользования на предприятиях региона к общей сети железных дорог.

Балльные показатели экспертов приводятся к безразмерным величинам. В работе будем использовать наиболее распространенный способ нормировки величин  $z$  в виде

$$z_{норм} = \frac{z - \bar{z}}{\sigma_z}, \quad (3.16)$$

где  $\bar{z}$  - среднее значение;

$\sigma_z$  - среднеквадратическое отклонение величин  $z$ .

Заключительным этапом определения уровня контейнерной привлекательности региона является оценка уровня экономического развития региона  $Y_{эк}$  [130]. Он характеризует потенциал региона в области развития промышленного производства. Показатель определяется методом экспертных

оценок путем прогноза изменения объемов добычи полезных ископаемых, обрабатывающего производства и др.

В результате, на основании трех установленных значений  $(Y_{кп}, Y_{тр}, Y_{эк})$  производится расчет уровня контейнерной привлекательности региона  $П_R$ . Строго говоря, все три компоненты  $(Y_{кп}, Y_{тр}, Y_{эк})$ , т.е. весь вектор является векторным показателем контейнерной привлекательности региона. Этот показатель будет использоваться в методике выбора мест расположения объектов терминально-логистической инфраструктуры КТС (см. главу 5.) Для получения интегрального показателя уровня контейнерной привлекательности региона  $П_R$  можно воспользоваться одним из условных критериев  $f$ , ставящих в соответствие каждой тройке значений  $(Y_{кп}, Y_{тр}, Y_{эк})$ , величины  $П_R$

$$П_R = f \{ Y_{кп}, Y_{тр}, Y_{эк} \}, \quad (3.17)$$

как это показано в п. 3.2.

Таким образом, предлагаемый показатель позволит прогнозировать развитие рынка грузовых перевозок в регионах на основе фактической социально-экономической ситуации и наиболее полно определять потенциал контейнеризации в регионах страны при разработке конкретных мероприятий по развитию КТС.

### 3.4 Выводы по главе

1. Одним из актуальных направлений деятельности в транспортной отрасли является проведение мониторинга функционирования и развития контейнерных перевозок, включая совершенствование статистического учёта. Необходима стандартизация учёта контейнерных и контейнеропригодных

грузов, которая бы позволила определять «узкие места» соответствующей транспортно-логистической инфраструктуры, что, в свою очередь, позволит оперативно принимать управленческие решения.

2. Отмечается, что уровень контейнеризации является показателем, отражающим не только развитие контейнерно-транспортной системы, но и транспортной системы государства в целом. Однако анализ литературных источников показал отсутствие единого общепринятого определения и способа расчета данного показателя. Поэтому часто возникают значительные расхождения данных различных источников по значению уровня контейнеризации. Так, например, в ряде документов уровень контейнеризации в России, согласно различным исследованиям, варьируется от 5% до 55%.

3. Наиболее объективным и позволяющим проведение мониторинга функционирования и развития контейнерных перевозок, с точки зрения автора, является способ определения уровня контейнеризации как отношение объемов грузов, перевозимых в контейнерах, к общему объему перевозок контейнеропригодной продукции. Так, например, используемый во многих исследованиях показатель - «уровень контейнеризации грузооборота сети РЖД» - может быть увеличен и без развития инфраструктуры контейнерных перевозок, а только за счет уменьшения объемов перевозок массовых грузов. В то время как повышение уровня контейнеризации контейнеропригодной продукции будет свидетельствовать о росте спроса на перевозки грузов в контейнерах и развитии контейнерного сервиса.

4. Предложен новый комплексный показатель - «уровень контейнерной привлекательности региона», который характеризует потенциал контейнеризации региона и может быть рассчитан до осуществления перевозок, в отличие от показателя - уровень контейнеризации грузов, который определяет результат работы субъектов транспортного рынка и соответственно может быть рассчитан только после осуществления перевозок. Данный показатель позволит прогнозировать развитие рынка грузовых перевозок в регионах на основе фактической социально-экономической



ситуации и наиболее полно определять потенциал контейнеризации в регионах страны при разработке конкретных мероприятий по развитию КТС РФ.

5. Разработана методика оценки уровня контейнерной привлекательности региона, базирующаяся на многокритериальном подходе определения уровня контейнеропригодности добываемой или производимой продукции; экспертных оценках уровня развития транспортного рынка региона и состояния региональной транспортной инфраструктуры, а также уровня социально-экономического развития региона.

6. Разработаны математическая модель многокритериальной оценки уровня контейнеропригодности производимой/добываемой продукции и реализующий её программный продукт, позволяющие оценивать контейнеропригодность конкретной грузовой базы рассматриваемого региона страны, что, в свою очередь, будет способствовать разработке экономически обоснованных мероприятий по устранению проблем структурной несбалансированности развития отечественного рынка перевозок грузов в контейнерах; наиболее точно оценивать перспективы строительства или реконструкции объектов терминально-логистической инфраструктуры КТС, их количества и потребной перерабатывающей способности, а также определять эффективность назначения контейнерных поездов на выбранных направлениях.

#### 4 МЕТОДЫ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕРМИНАЛЬНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ КОНТЕЙНЕРНО- ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Из вышеизложенного в главе 2 следует, что для решения задачи оптимального выбора конфигурации многоуровневой контейнерно-транспортной системы при заданных объектах промышленного производства и потребления на заданной территории необходимо разработать количественную модель, которая позволит математически поставить и решить разнообразные задачи проектирования. Очевидно, что такая модель должна быть универсальной и позволять уточнять различные параметры как центров производства и потребления, так и ограничения, связанные с инфраструктурой транспортной сети [135].

Попытки поставить оптимизационные задачи выбора мест расположения КТ и КНРЦ в рамках графовых моделей и в виде задач математического программирования при многих комбинаторных ограничениях приводят к сложным вычислительным процедурам переборного характера, что не позволяет использовать их для решения поставленной задачи в рамках федеральных округов или всей страны.

В связи с этим, представляется целесообразным для решения задач, связанных с выбором мест расположения объектов КТС страны, использовать единую методологию, основанную на методах *кластерного анализа* [135]. Эти методы основаны на математической теории разбиения множеств на подмножества и включают многие алгоритмы практического решения задач при значительно меньшей сложности вычислений [5].

Поскольку, так или иначе, выбор мест расположения КТ (на первом уровне) и КНРЦ (на втором уровне) связан с разбиением всего множества объектов – (центров производства на первом уровне и КТ на втором уровне) на кластеры по признаку «близости» к некоторым искомым «центрам», то

можно использовать весь богатый арсенал моделей, методов и алгоритмов оптимизации кластерного анализа [5], [42], [111].

Методы кластерного анализа позволяют производить разбиение объектов по целому набору признаков. Так, например, в задачах разбиения клиентов (грузовладельцев) на подмножества, обслуживаемых территориальными КТ, в качестве признаков могут быть: координаты клиентов –  $(x, y)$ , а также другие показатели, используемые для нахождения сходства или различия объектов [135]. Анализ сложности алгоритмов кластерного анализа, а также опыт использования программных средств кластерного анализа доказывает возможность применения их в практических задачах размещения транспортных объектов большой размерности как для регионов, так и в целом для всей страны.

Постановка и решение практических задач оптимизации месторасположения объектов КТС приводят к новым научным задачам, которые развивают сами алгоритмы и методы кластерного анализа. При использовании классического метода  $k$ -средних оптимальный центр кластера может определяться в любой из точек заданного параметрами пространства. Если в качестве параметров задать координаты предприятий, то центр кластера может находиться в любой области рассматриваемых параметров. Однако при решении поставленной задачи, например, привязки КТ к КНРЦ необходимо, чтобы центр кластера обязательно находился на железнодорожной сети, т.е. необходимо решить задачу кластеризации с проекцией на функцию.

#### 4.1 Анализ возможностей и обоснование корректности использования методов кластерного анализа для разработки методологии размещения терминально-логистических объектов транспортной сети

Кластерный анализ включает методы группировки многомерных объектов, основанные на математической обработке координат точек подходящего геометрического пространства с выделением групп как «сгустков» этих точек (кластеров).

Процедура кластеризации заключается в том, чтобы на основании данных  $X$  о множестве объектов  $G$ , разбить это множество объектов на  $K$  подмножеств (кластеров)  $G^1, G^2, \dots, G^K$  так, чтобы каждый объект  $G^k$  принадлежал одному и только одному подмножеству разбиения – *кластеру*. Объекты одного кластера должны быть близкими, в то время как объекты, принадлежащие разным кластерам, должны быть далекими, в смысле введённой метрики.

Решением задачи кластеризации являются оптимальные разбиения, удовлетворяющие некоторому критерию оптимальности, количественно измеряющему качество кластеризации. Он представляет собой функционал или целевую функцию, количественно выражающие уровень качества различных разбиений. Следует отметить, что выбор функционала зависит от точного определения желательных свойств кластеров, необходимых специалисту [42], [111].

Рассмотрим математическую постановку задачи кластерного анализа и потенциальную сложность ее решения.

Пусть множество  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$  обозначает  $n$  объектов. Результат измерения  $j$ -й характеристики  $i$ -го объекта обозначим символом  $x_{ij}$ . Всего характеристик  $m$ , тогда вектор  $X_i = [x_{ij}]$  соответствует всем характеристикам  $i$ -го объекта. Таким образом, множество  $I$  объектов описывается множеством

векторов измерений  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ . При этом, множество  $X$  может быть представлено как множество координат  $n$  точек в  $m$ -мерном пространстве.

Обозначим  $K$  – количество кластеров. Это целое число, меньшее, чем количество объектов  $n$ . Задача кластеризации заключается в том, чтобы на основе данных об объектах, находящихся в множестве  $X$ , разбить всё множество объектов  $I$  на  $K$  кластеров (подмножеств)  $G_1, G_2, \dots, G_K$  так, чтобы каждый объект принадлежал одному и только одному кластеру. Объекты одного кластера должны быть «близкими» по набору характеристик, а объекты, принадлежащие разным кластерам, должны быть «далёкими» (разнородными, несходными).

Решением задачи кластерного анализа является получение разбиения, удовлетворяющего некоторому условию оптимальности. В свою очередь, задачей кластерного анализа является нахождение минимума целевой функции при некотором заданном наборе ограничений, выражающих свойства этих кластеров.

Если свойства кластеров заранее заданы, то выделение кластеров называется процедурой *прямой классификации* [111]. Однако стоит различать *классификацию* и *кластеризацию*. Так, классификацией называется отнесение каждого элемента в определенный класс с заранее известными параметрами (при этом число классов строго ограничено), а кластеризация - это разбиение множества данных на кластеры. Количество кластеров и некоторые параметры кластеров могут быть неизвестными. В рамках задач, поставленных в работе, следует иметь дело именно с процедурой *кластеризации*. Таким образом, *кластерами* будем называть подмножества, параметры которых заранее неизвестны. Количество кластеров может быть произвольным или фиксированным.

Чтобы охарактеризовать общую сложность решения задач кластеризации, рассмотрим вопрос о числе разбиений множества  $n$  объектов на  $K$  непересекающихся подмножеств. Это число определяет полный перебор

вариантов при решении задачи кластеризации и определяется формулой Стирлинга

$$S(n, K) = \frac{1}{K!} \sum_{j=0}^K C_K^j (-1)^j (K-j)^n. \quad (4.1)$$

Если  $K$  неизвестно, т.е. производится классификация при не заданном числе классов, то общее число возможных разбиений будет

$$S(n) = \sum_{k=1}^n S(n, k) = \sum_{k=1}^n \frac{1}{k!} \sum_{j=0}^k C_k^j (-1)^j (k-j)^n. \quad (4.2)$$

При достаточно больших  $n$  ( $n \rightarrow \infty$ )

$$S(n, K) \approx K^{n-1}. \quad (4.3)$$

Формулы показывают, что простой перебор вариантов кластеризации для реальных задач, где  $K$  сотни, а  $n$  тысячи объектов, невозможен.

Алгоритмы кластеризации радикально ограничивают перебор вариантов, при этом сложность алгоритмов кластеризации определяется скоростью возрастания количества производимых операций от «размерности» задачи [5], [111]. Обычно интересуются зависимостью сложности от  $n$  – количества объектов исходного множества. При этом используются обозначения  $O(f)$  – сложность растет не быстрее, чем  $f$ , и  $\Omega(f)$  – сложность растет быстрее, чем  $f$ . Например,  $O(n^2)$ .

Для количественной оценки близости (сходства) объектов в кластерном анализе вводится понятие метрики, определяющей близость на основе метрического расстояния между ними. Каждый объект описывается  $m$  признаками, поэтому он представляется точкой в  $m$ -мерном пространстве. Таким образом, близость (сходство) с другими объектами можно определить как соответствующее расстояние между точками в  $m$ -мерном пространстве [19].

Выбор расстояния между объектами (метрики) является узловым моментом исследования, от него во многом зависит окончательный вариант разбиения объектов на кластеры при данном алгоритме разбиения.

В кластерном анализе применяются следующие основные способы определения расстояния между объектами  $i$  и  $p$  для количественных шкал. Далее будем использовать обозначение  $d(i,p)=d_{ip}$ . Каждый объект  $i$  определяется точкой в  $m$ -мерном пространстве координат  $x_{ij}$ .

1. Линейное расстояние 
$$d_{ip} = \sum_{j=1}^m |x_i^j - x_p^j|;$$
2. Евклидово расстояние 
$$d_{ip} = \left( \sum_{j=1}^m (x_i^j - x_p^j)^2 \right)^{\frac{1}{2}};$$
3. Квадрат евклидова расстояния 
$$d_{ip}^2 = \sum_{j=1}^m (x_i^j - x_p^j)^2;$$
4. Обобщенное степенное расстояние Минковского 
$$d_{ip} = \left( \sum_{j=1}^m (x_i^j - x_p^j)^q \right)^{\frac{1}{q}};$$
5. Расстояние Чебышева 
$$d_{ip} = \max_{(i,p,j)} |x_i^j - x_p^j|;$$
6. Расстояние городских кварталов (Манхэттенское расстояние)  

$$d_{ip} = \sum_{j=1}^m |x_i^j - x_p^j|;$$
7. Взвешенное евклидово расстояние 
$$d_{ip} = \left( \sum_{j=1}^m \lambda_j (x_i^j - x_p^j)^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Евклидово расстояние попросту является геометрическим расстоянием и лучше всего объединяет объекты в кругообразных скоплениях.

Квадрат евклидова расстояния придаёт больший вес более отдаленным друг от друга объектам.

Обобщенное степенное расстояние представляет математический интерес как универсальная метрика.

Расстояние Чебышева, как правило, используется, когда два объекта различаются по какому-то одному измерению.

Манхэттенское расстояние (расстояние городских кварталов) учитывает, что расстояние между пунктами в черте городов складывается из отрезков улиц, расположенных перпендикулярно друг другу.

Отметим еще один способ описания близости объектов – непосредственное указание меры близости (расстояния) между любыми двумя объектами заданного множества объектов. Для этого составляется квадратная матрица  $D$ , каждый элемент которой  $d_{ip}$  – это величина, выражающая некоторое смысловое понимание расстояния (близости).

$$D = \begin{pmatrix} 0 & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & 0 & d_{23} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1} & d_{n2} & d_{n3} & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

Например, если объекты – это города, то для решения задачи размещения транспортных объектов удобно в качестве  $d_{ip}$  взять расстояние в километрах шоссейных или железных дорог между пунктами  $i$  и  $p$ . Эта величина может учесть многочисленные особенности пути из  $i$  в  $p$  (извилистость и рельеф дорог, наличие мостов, загруженность, пропускную способность и т.д.). Фактическое «расстояние», как правило, не совпадает с расстоянием по вышеприведенным «классическим» метрикам, использующим координаты  $x_{ij}$ . Отметим, что в качестве «расстояния» между  $i$  и  $p$  можно использовать и другие показатели: затраты на перевозку между  $i$  и  $p$ , время, затрачиваемое на перевозку из  $i$  в  $p$ , и другие.

Использование непосредственно матрицы расстояний  $D$  меняет математические преобразования в алгоритмах кластеризации, но не вызывает трудностей для работы алгоритмов.

Для математического определения кластеров следует рассмотреть виды искомой кластерной структуры [117].



Кластерный анализ (*clustering*) – предполагает, во-первых, точное математическое определение понятия кластера. Дело в том, что различные постановки задач могут использовать математически различные определения кластера. Вот почему, прежде чем перейти к практическим задачам размещения транспортно-логистических объектов, рассмотрим проблематику определения понятия кластера и самой процедуры кластеризации. Здесь необходимо рассмотреть следующие основополагающие проблемы:

1. точное математическое определение исходного множества объектов и его кластеров;
2. вопрос о том, является ли заданным количество кластеров;
3. математическое описание функционала качества кластеризации.

Кластерный анализ выделяет компактные группы объектов путём разбиения всего множества объектов на подмножества скопления объектов. Для использования кластерного анализа исходные данные представляются в виде расстояний между объектами или матриц близости. Наибольшее распространение получили данные первого вида. В этом случае кластерный анализ позволяет выделить некоторые геометрически удаленные группы, внутри которых объекты близки [42], [111].

Дадим более строгие определения кластера, которые можно использовать для оценки качества разбиения.

*Определение 1.* Кластером называется группа (подмножество) объектов  $G_k$ , такая, что выполняется неравенство: средний квадрат внутригруппового расстояния до центра группы меньше среднего квадрата расстояния до общего центра исходной совокупности объектов

$$\overline{d_k^2} \leq \overline{d^2}, \quad (4.4)$$

$$G_k \subset G. \quad (4.5)$$

Чем больше среди всяких групп (подмножеств)  $G_l$  кластеров  $G_k$ , тем более успешным можно считать разбиение (кластеризацию-*clustering*).

$$\bigcup_l G_l = G. \quad (4.6)$$

Такое определение предполагает, что не обязательно каждый объект принадлежит какому-нибудь кластеру [4].

*Определение 2.* Группа объектов  $G_p$  называется «сгущением», если максимальный квадрат расстояния от объектов из  $G_p$  до центра группы меньше среднего квадрата расстояния от объектов исходной совокупности до общего центра

$$\max_{X_i \in G_p} d^2(\bar{X}_p, X_i) < \bar{d}^2. \quad (4.7)$$

*Определение 3.* Кластер – это такое скопление точек  $G_k$ , в котором среднее межточечное расстояние меньше среднего расстояния от точек кластера до остальных точек исходного множества.

$$\bar{d}(X_i, X_j) < \bar{d}(X_i, X_q), \quad (4.8)$$

$$(X_i, X_j) \in G_k, \quad (4.9)$$

$$X_q \notin G_k. \quad (4.10)$$

*Определение 4.* Кластер «сгущение» – это группа объектов (класс, подмножество), где все расстояния между объектами этой группы меньше любого расстояния между объектами кластера и объектами остальной части множества. Кластеры такого вида еще называют компактной группой или

классом типа ядра. Такими кластерами на рисунке 4.1 являются  $A$  и  $B$ . Заметим, что классы  $E$ ,  $C$ ,  $L$ ,  $M$  не разделяются с помощью этого определения. На основе этого определения нельзя различить  $B$  и  $C$ , пересекающиеся классы  $K$  и  $H$ , и отличить большие классы от малых  $R$  и  $O$  [111].

*Определение 5.* Кластер с центром. Пусть заданы порог  $\tau > 0$  и некоторая точка пространства, занимаемого объектами кластера  $G_k$  (в частном случае элемент этого кластера), -  $X_k^*$ , такая, что если  $X_i \in G_k$ , то  $d(X_i, X_k^*) < \tau$ , а если  $X_i \notin G_k$ , то  $d(X_i, X_k^*) > \tau$ . Точка  $X_k^*$  называется центром класса. Эта точка может быть центром тяжести класса, определяемым как средневзвешенное признаков объектов класса. Так, на рисунке 4.1 в паре  $B$  и  $C$  класс  $B$  является классом с центром, а  $C$  таковым не является. В паре  $E$  и  $P$  класс  $P$  – с центром, а класс  $E$  – нет [111].

*Определение 6.* Кластер «слабое сгущение». Пусть  $\tau > 0$  такое, что для любого  $X_i \in G_k$  найдется такой объект  $X_j \in G_k$ , что  $d(X_i, X_j) < \tau$ , а для любого  $X_q \notin G_k$  справедливо  $d(X_i, X_q) > \tau$ . Кластеры  $B$ ,  $C$ ,  $E$ ,  $P$ ,  $K$ ,  $H$ , показанные на рисунке 4.1, представляют собой слабые сгущения.

*Определение 7.* Кластер «сгущение в среднем». Здесь среднее расстояние внутри кластера меньше среднего расстояния от объектов кластера до всех остальных объектов. Многие кластеры, показанные на рисунке 4.1, являются сгущением в среднем, кроме пары  $E$  и  $F$  [111].

*Определение 8.* Сильным кластером называют такой, для которого среднее внутреннее расстояние не менее, чем в  $b > 1$  раз меньше среднего расстояния от любого объекта, не принадлежащего кластеру, до всех объектов кластера (например,  $b=2$ ) [111].

*Определение 9.* Кластером типа среднего сгущения с центром называется кластер, в котором среднее расстояние до центра объектов кластера меньше, чем их среднее расстояние до центра остальных объектов [111].

*Определение 10.* Кластер «изолированное облако». Для него существует  $\tau > 0$  такое, что для  $X_i \in G_k$  и  $X_q \notin G_k$ ,  $d(X_i, X_q) > \tau$ . Это определение предполагает самое слабое требование: учитывается только внешняя изоляция, внутренняя плотность кластера не важна. На рисунке 4.1 такими свойствами обладают все непересекающиеся кластеры [111].

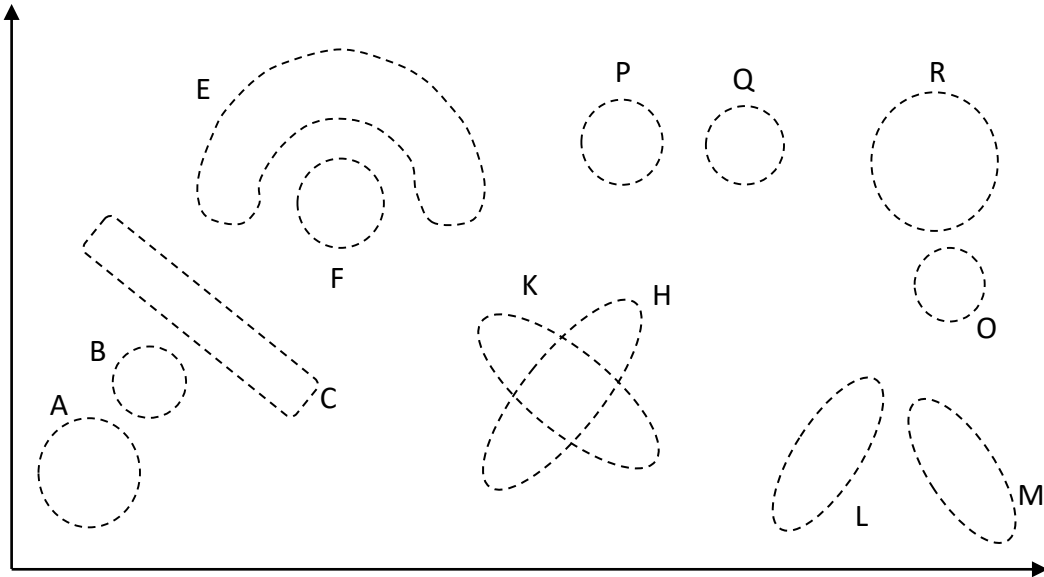


Рисунок 4.1 – Различные формы кластеров

Приведенные типы определений исчерпывают основные способы выделения кластеров и дают пищу для конкретного моделирования в прикладных задачах. Необходимо заметить, что в вышеупомянутых определениях среднюю можно заменить медианой, использовать вышеприведенные понятия радиуса кластера, размера кластера и др.

Определения кластеров можно ввести и для случая, когда используется не расстояние между объектами  $d(a,b)$ , а мера близости между ними  $\mu(a,b)$  [2], [111], [117].

Само качество разбиения исходного множества объектов на кластеры оценивается по некоторому критерию. Поэтому «хорошая» классификация определяется не только определением отдельных классов, но и введением некоторого функционала, экстремальное значение которого соответствует наилучшей классификации.

В последнее время в кластер-анализе используются только оптимизационные критерии, хотя вначале развивались методы, основанные на математических определениях понятия «кластер», а также чисто эвристические методы, в которых каждый шаг построения кластеров соответствовал интуитивному представлению о них [111], [117].

Естественно, попытаться определить качество различных способов разбиения заданного множества объектов на кластеры на основе количественного критерия. Для этого в математическую постановку задачи кластеризации необходимо ввести понятие функционала качества разбиения  $Q(S)$ , определенного на множестве всех возможных разбиений. Тогда под наилучшим разбиением  $S^*$  понимается такое, при котором достигается экстремум функционала качества [52].

Выбор функционала качества кластеризации, как правило, основывается на опыте и профессионально-интуитивных соображениях. Приведем примеры наиболее распространенных функционалов качества разбиения и попытаемся обосновать выбор из них для решения поставленной в работе задачи.

Пусть выбрана метрика расстояний  $d$  в  $m$ -мерном пространстве  $X$  и пусть  $S=(S_1, S_2, \dots, S_K)$  – некоторое фиксированное разбиение всех наблюдений  $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$  на заданное число классов  $K$  ( $K < n$ ). Каждое наблюдение  $i$ -го объекта характеризуется  $m$  количественными параметрами так, что вся информация об классифицируемых объектах – это матрица  $X$  размерности  $n \times m$ .

#### 1. Сумма («взвешенная») внутриклассовых дисперсий

$$Q_1(S) = \sum_k^K \sum_{X_i \in S_k} d^2(X_i, \bar{X}_k). \quad (4.11)$$

## 2. Сумма попарных внутриклассовых расстояний между элементами

$$Q_2(S) = \sum_{k=1}^K \sum_{(X_i, X_j) \in S_k} d^2(X_i, X_j), \quad (4.12)$$

либо

$$Q'_2(S) = \sum_{k=1}^K \frac{1}{n_k} \sum_{(X_i, X_j) \in S_k} d^2(X_i, X_j). \quad (4.13)$$

Как показывают результаты кластеризации функционалы  $Q_2(S)$  и  $Q'_2(S)$  приводят к тем же наилучшим разбиениям, что и  $Q_1(S)$ . Ниже будет показано, что при определенных условиях эти критерии идентичны.

3. Обобщенная внутриклассовая дисперсия  $Q_3(S)$  является, как известно, одной из характеристик степени рассеивания многомерных наблюдений одного класса около своего «центра тяжести».

$$Q_3(S) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \sigma_k^2, \quad \sigma_k^2 = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sqrt{\frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}. \quad (4.14)$$

Во многих прикладных задачах неизвестно на какое число классов необходимо разбить исходное множество. Например, в задаче оптимизации затрат на доставку грузов от клиентов (грузовладельцев) на КТ, количество кластеров определяет количество КТ. Но не факт, что при каком-то заданном их количестве затраты на доставку будут минимальны. Приходится варьировать количество КТ – кластеров. В этом случае, функционалы качества разбиения  $Q(S)$  необходимо выбирать в виде алгебраической комбинации двух функционалов  $I_1(S)$  и  $I_2(S)$ , один из которых  $I_1$  является убывающей функцией числа кластеров и характеризует внутриклассовый разброс параметров, а второй  $I_2$  – возрастающей функцией числа кластеров.

Под  $I_2$  понимается некоторая мера взаимной удаленности (близости) кластеров.

В [5] предлагается брать

$$I_1(S) = \sum_k^K \sum_{X_i \in S_k} d(X_i, \bar{X}_k) \quad (4.15)$$

- суммарное расстояние от точек кластеров до своих центров и

$$I_2(S) = ck(S) \quad (4.16)$$

- число кластеров, получающихся при разбиении  $S$ , а  $c$  – некоторая положительная величина, характеризующая потери при увеличении числа кластеров на единицу.

#### 4.2 Связь функционалов качества кластеризации с экономическими критериями в задаче выбора местоположения терминально-логистических объектов

Выше была поставлена задача «привязки» клиентов к региональным КТ. В качестве критерия оптимизации целесообразно выбрать критерий минимума затрат на доставку грузов клиентов на КТ. Величина этих затрат выражается в затратах тонно-километров. Т.е. если каждый клиент перевозит объем груза  $V_i$  до КТ, расположенного в центре кластера  $X_k^*$ , то суммарные затраты на перевозку определяются выражением

$$E = \sum_{k=1}^K \sum_{X_i \in S_k} V_i d(X_i, X_k^*) \rightarrow \min. \quad (4.17)$$

Отсюда следует, что разбиение на кластеры должно быть таким, чтобы именно величина  $E$  была минимальна.

Покажем, что при заданном числе кластеров необходимым условием минимума функции  $E$  является то, что центры кластеров должны находиться в «центрах тяжести» кластеров.

Пусть координаты  $i$ -го клиента определяются в плоской системе координат  $x_i, y_i$  и имеют «вес»  $V_i$ . Следовательно, имеем случай кластеризации  $n$  объектов (клиентов), каждый из которых характеризуется двумя параметрами ( $m=2$ ) на  $K$  кластеров.

Центры тяжести кластеров определяются формулами:

$$x_k^* = \bar{x}_k = \frac{\sum_{i \in G_k} V_i x_i}{\sum_{i \in G_k} V_i}, \quad (4.18)$$

$$y_k^* = \bar{y}_k = \frac{\sum_{i \in G_k} V_i y_i}{\sum_{i \in G_k} V_i}. \quad (4.19)$$

Заметим, что, вообще говоря, наилучшее качество кластеризации, выраженное функционалами (4.11), (4.12), (4.14), может не совпадать с качеством кластеризации в интересах минимума величины  $E$ .

Рассмотрим две критериальные величины:

Сумма квадратов расстояний между всеми точками исходного множества

$$I_1 = \sum_{i,j} (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \quad (4.20)$$



и сумма квадратов расстояний от центра тяжести до точек исходного множества

$$I_2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2, \quad (4.21)$$

где

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (4.22)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i. \quad (4.23)$$

Покажем, являются ли эти два критерия эквивалентными, т.е. оптимальное разбиение на классы минимизирующее критерий  $I_1$  соответствует минимуму  $I_2$ .

Возведя в квадрат скобки и выполнив суммирование отдельных слагаемых, получим

$$I_1 = 2\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2\right) - \left(\sum_{i,j} x_i x_j + \sum_{i,j} y_i y_j\right), \quad (4.24)$$

$$I_2 = \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2\right) - n(\bar{x}^2 + \bar{y}^2). \quad (4.25)$$

Рассмотрим случай, когда коэффициент линейной корреляции для координат точек  $(x_i, y_j)$  равен нулю, т.е.  $r_x=0$  и  $r_y=0$ . Это означает, что точки образуют «облако» разбросанных точек. Используя выражение для коэффициента линейной корреляции Пирсона,

$$r_x = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i,j} x_i x_j - \bar{x}^2}{\sigma_x^2}, \quad (4.26)$$

$$r_y = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i,j} y_i y_j - \bar{y}^2}{\sigma_y^2}, \quad (4.27)$$

$$r^2 = r_x^2 + r_y^2, \quad (4.28)$$

получим

$$\frac{1}{n} \sum_{i,j} x_i x_j - \bar{x}^2 = 0, \quad (4.29)$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i,j} y_i y_j - \bar{y}^2 = 0. \quad (4.30)$$

Подставив в выражение  $I_1$  выражения  $\sum_{i,j} x_i x_j = n\bar{x}^2$  и  $\sum_{i,j} y_i y_j = n\bar{y}^2$ ,

получим, что  $I_1 = 2I_2$ , что доказывает эквивалентность этих критериев для кластеров типа «облака». Если корреляция между точками существенная, т.е. когда точки образуют вытянутые области, то эти критерии различны.

#### 4.3 Решение экстремальной задачи о «центре», сумма расстояний от которого до $k$ точек плоскости минимально

Задано  $n$  точек на плоскости  $A_1, A_2 \dots A_n$  с координатами  $A_i = (x_i, y_i)$ . Необходимо найти координаты центра  $O = (x, y)$  такого, что сумма расстояний от центра до всех точек была бы минимальной

$$E = \sum_i^n d(A_i, O) \rightarrow \min. \quad (4.31)$$

Ранее были рассмотрены различные метрики расстояния между двумя точками в  $m$ -мерном пространстве. Применим их для случая  $m=2$ .

Евклидово расстояние. В этом случае необходимо найти

$$E = \sum_i^n \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \rightarrow \min. \quad (4.32)$$

Применим необходимое условие минимума и получим систему двух уравнений с двумя неизвестными  $x$  и  $y$ :

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - x)}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}} = 0, \quad (4.33)$$

$$\frac{\partial E}{\partial y} = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - y)}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}} = 0. \quad (4.34)$$

При любом числе точек эта система содержит лишь две переменные и легко решается численными методами. Если каждая точка  $A_i$  имеет «вес»  $V_i$ , то, как легко показать, система, определяющая минимум

$$E_V = \sum_i^n V_i \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \rightarrow \min \quad (4.35)$$

имеет вид

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \sum_{i=1}^n \frac{V_i(x_i - x)}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}} = 0, \quad (4.36)$$

$$\frac{\partial E}{\partial y} = \sum_{i=1}^n \frac{V_i(y_i - y)}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}} = 0. \quad (4.37)$$

Квадрат евклидова расстояния. В этом случае необходимо найти

$$E = \sum_i^n (x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 \rightarrow \min. \quad (4.38)$$

Аналогично, применяя необходимое условие минимума, получаем

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \sum_{i=1}^n (x_i - x) = 0, \quad (4.39)$$

$$\frac{\partial E}{\partial y} = \sum_{i=1}^n (y_i - y) = 0. \quad (4.40)$$

Откуда сразу получаем решение

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (4.41)$$

$$y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i. \quad (4.42)$$

Таким образом, среднеарифметический центр точек минимизирует сумму квадратов евклидовых расстояний от этого центра до точек. Этот вывод лежит в основе всего метода кластеризации, принятого в настоящей работе.

Легко показать, что если каждая точка  $A_i$  имеет «вес»  $V_i$ , то координаты своеобразного «центра тяжести» определяются формулами:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n V_i x_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad (4.43)$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n V_i y_i}{\sum_{i=1}^n V_i}. \quad (4.44)$$

Далее рассмотрим так называемое *расстояние городских кварталов* (Манхэттенское расстояние). Здесь нужно минимизировать сумму

$$E = \sum_i^n |x_i - x| + |y_i - y| \rightarrow \min. \quad (4.45)$$

Применяя необходимое условие минимума, получаем нелинейную систему уравнений:

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - x)}{|x_i - x|} = 0, \quad (4.46)$$

$$\frac{\partial E}{\partial y} = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - y)}{|y_i - y|} = 0. \quad (4.47)$$

Для точек с весом  $V_i$  получаем систему, решая которую, получаем координаты центра в случае городских кварталов:

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \sum_{i=1}^n \frac{V_i(x_i - x)}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}} = 0, \quad (4.48)$$

$$\frac{\partial E}{\partial y} = \sum_{i=1}^n \frac{V_i(y_i - y)}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}} = 0. \quad (4.49)$$

#### 4.4 Обоснование метода кластеризации $k$ -средних ( $k$ -means) для решения задач выбора месторасположения терминально-логистических объектов

Во-первых, докажем идентичность критерия  $Q_1$  – «сумма квадратов расстояний от точек до центра, определяемого как центр тяжести точек» и  $Q_2$  – критерия «суммы квадратов расстояний между точками»:

$$Q_1(S) = \sum_k \sum_{X_i \in S_k} d^2(X_i, \bar{X}_k), \quad (4.50)$$

$$Q_2(S) = \sum_{k=1}^K \sum_{(X_i, X_j) \in S_k} d^2(X_i, X_j). \quad (4.51)$$

Пусть

$$Q_l = \sum_{k=1}^m \sum_{i \in G_l} (x_{il}^k - \bar{x}_l^k)^2 \text{ – сумма квадратов расстояний всех } m \text{ признаков от}$$

точки  $i$  до центра кластера  $l$ . Тогда,

$$Q_1 = \sum_{l=1}^K Q_l, \text{ где } K \text{ – количество кластеров, а}$$

$$Q_2 = \sum_{l=1}^K \frac{n_l - 1}{2} Q_l; \text{ где } n_l \text{ – количество точек в } l \text{ – м кластере.}$$

Откуда получаем, что если количество точек в кластерах одинаково ( $n_l = n_0$ ), то  $Q_1$  и  $Q_2$  эквивалентны, т.к.  $Q_1 \rightarrow \min$  равносильно  $Q_2 \rightarrow \min$ . Если число точек в кластерах различно, то они отличаются, но несущественно. Практические эксперименты подтверждают это.

Как показано в [5], методы кластеризации на основе функционалов качества разбиений вышеприведенного вида  $Q_1$  и  $Q_2$  позволяют получить оптимальные разбиения, обладающие свойством несмещенности. Это значит, что можно найти вектор средних (центров) и получить минимальные

дистанционные разбиения «с точностью до множества меры нуль», т.е. с любой точностью.

Остановимся на вопросе о соотношении результатов, полученных при кластеризации по минимуму суммы квадратов расстояний от точек до центров (например, алгоритма *k-means*) и достигаемых при этом величинах суммы расстояний от точек до центров. С практической точки зрения, именно, эта величина определяет экономические показатели оптимизации разбиений. Рассмотрим величины:

Среднее арифметическое чисел  $x_1 \dots x_n$  – это величина

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}. \quad (4.52)$$

Среднее квадратическое – величина

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}. \quad (4.53)$$

Известно, что среднее арифметическое не превышает среднего квадратического

$$\bar{x} \leq s. \quad (4.54)$$

Равенство достигается лишь при равенстве чисел  $x_i = x$ .

Из (4.54) вытекает, что

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq \sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2}. \quad (4.55)$$

Величины  $\bar{x}$  и  $s$  имеют свойства

$$x_{\min} \leq s \leq x_{\max}, \quad x_{\min} \leq \bar{x} \leq x_{\max}. \quad (4.56)$$

Откуда следует, что

$$n \cdot x_{\min}^2 \leq \sum_{i=1}^n x_i^2 \leq n x_{\max}^2, \quad n \cdot x_{\min} \leq \sum_{i=1}^n x_i \leq n x_{\max}. \quad (4.57)$$

Рассмотренный алгоритм *k-means* обеспечивает разбиения на кластеры из условия минимума суммы квадратов расстояний от точек до «центра тяжести». Возникает вопрос о том, какова будет при этом величина суммы расстояний от точек до центров. Очевидно, ответ на это дает вышеприведенный анализ выражений  $\sum_{i=1}^n x_i^2$  и  $\sum_{i=1}^n x_i$ . Действительно, минимум

$\sum_{i=1}^n x_i^2$  не совпадает с минимумом  $\sum_{i=1}^n x_i$ , но гарантирует, что

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq \min_G \sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2}, \quad (4.58)$$

где  $G$  – всевозможные разбиения точек на заданное число кластеров.

Поэтому правая часть последнего неравенства может служить верхней границей достигнутой величины суммарного расстояния от точек до центра.

Возведем в квадрат выражение (4.55) и получим, что различие между

$\bar{x}$  и  $s$  можно оценить разностью  $\Delta = n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2$ .



#### 4.5 Практические методы кластерного анализа для решения задач оптимального размещения терминально-логистических объектов

Методы и алгоритмы кластерного анализа изучены и описаны в обширной литературе как отечественных, так и зарубежных авторов. основополагающими обзорами этих методов являются работы [5], [42], [111], [117]. В последнее время появилось множество программных систем, которые включают модули кластеризации («*Clustering*»), в которых как опции задаются вышеприведённые метрики расстояний, функционалы качества кластеризации и типы алгоритмов. В дальнейшем при сравнении методов будем ориентироваться на готовые программные средства, поэтому рассмотрены только некоторые алгоритмы кластеризации, которые в дальнейшем будут использованы.

В таблице 4.1 представлены некоторые программные системы и перечислены используемые в них алгоритмы.

Таблица 4.1 – Программные системы с модулями кластерного анализа

№	Программы	Функции
1	2	3
1	STATISTIKA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- k-means clustering</li> <li>- EM (Expectation Optimization) – максимизация ожиданий</li> <li>- Joining (tree clustering) – объединение (иерархическая кластеризация)</li> <li>- Two way joining (двухходовое объединение) выбираются 7 опций мер сходства и 6 видов метрик (расстояний)</li> </ul>
2	WEKA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobweb</li> <li>- DB Scan</li> <li>- EM</li> <li>- Farthest First</li> <li>- Filtered clusterer</li> <li>- Make Dansity Based Clusterer</li> <li>- OPTICS Simple</li> <li>- K-Means</li> <li>- X-Means</li> </ul>
3	Orange Data Mining	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hierarchical Clustering</li> </ul>

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
4	Deductor Studio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Самоорганизующаяся карта Кохонена</li> <li>- K-means</li> <li>- G-means</li> <li>- EM</li> </ul>
5	EXCEL+ AtteStat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Метод К-средних Мак-Куина</li> <li>- Метод ближней связи</li> <li>- Метод средней связи Кинга</li> <li>- Метод Уорда, есть все опции для выбора метрик</li> </ul>
6	SPSS– Statistics 17.0	<p style="text-align: center;">Иерархический кластерный анализ:</p> <p>Для определения расстояния между парой кластеров в SPSS предусмотрены следующие методы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Среднее расстояние между кластерами (Between-groups linkage), устанавливается по умолчанию.</li> <li>- Среднее расстояние между всеми объектами пары кластеров с учетом расстояний внутри кластеров (Within-groups linkage).</li> <li>- Расстояние между ближайшими соседями - ближайшими объектами кластеров (Nearest neighbor).</li> <li>- Расстояние между самыми далекими соседями (Furthest neighbor).</li> <li>- Расстояние между центрами кластеров (<i>Centroid clustering</i>) или центроидный метод. Недостатком этого метода является то, что центр объединенного кластера вычисляется как среднее центров объединяемых кластеров, без учета их объёма.</li> <li>- Метод медиан – тот же центроидный метод, но центр объединенного кластера вычисляется как среднее всех объектов.</li> <li>- Метод Варда.</li> <li>- Среднее расстояние между кластерами (Betwin groups linkage).</li> </ul> <p style="text-align: center;">Метод <i>k</i>-средних</p>

#### 4.6 Метод *k*-средних (*k-means*)

В работе рассмотрены методы, основанные на так называемых *эталонных* методах кластерного анализа. В них процесс кластеризации начинается с некоторого своеобразного эталона совокупности кластеров – а именно, с задания *центров* этих кластеров. Далее происходит итеративный процесс изменения состава и центров кластеров до выполнения некоторого

правила остановки. Поэтому эти алгоритмы еще называют *итеративными алгоритмами квадратичной ошибки*.

Метод *k*-средних (*k-means*) - наиболее популярный метод кластеризации в этой группе методов. Он был изобретён в 1950-х годах математиком Гуго Штейнгаузом и почти одновременно Стюартом Ллойдом. Особую популярность и свое название он приобрёл после работы Мак-Куина [232] в 1967 году.

Процесс кластеризации в этой группе методов начинается с задания некоторых начальных параметров: количество получаемых кластеров, порог завершения процесса кластеризации и т.д. При этом в отличие от других методов кластеризации, например, иерархического метода, метод *k*-средних не требует вычисления и хранения матрицы расстояний между объектами. Алгоритм метода *k*-средних использует только исходные значения характеристик объектов [19].

Действие алгоритма таково, что он стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров:

$$Q = \sum_{k=1}^K \sum_{i \in G_k} \sum_{j=1}^m (x_{ijk} - x_{jk}^*)^2 \rightarrow \min, \quad (4.59)$$

где  $x_{jk}^*$  - координаты центра тяжести *k*-го кластера;

*K* - число кластеров;

$G_k$  - полученные кластеры,  $k=1, 2, \dots$ ;

$x_k^*$  - центры масс векторов – точек  $x_i$  в *m*-мерном пространстве  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ .

Для случая точек на плоскости  $m=2$  с декартовыми координатами  $(x_i, y_i)$

$$Q = \sum_{k=1}^K \sum_{i \in G_k} (x_{ik} - x_k^*)^2 + (y_{ik} - y_k^*)^2 \rightarrow \min. \quad (4.60)$$

Центры кластеров называют также главными точками, поэтому и сам этот метод кластеризации иногда называют *методом главных точек* [5]. Метод  $k$ -средних разбивает множество элементов векторного пространства на заранее известное число кластеров  $K$ .

Начиная с некоторого «эталонного» разбиения, на каждой итерации метода  $k$ -средних перевычисляется «центр масс» для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге. Затем векторы разбиваются на кластеры вновь в соответствии с тем, какой из новых центров оказался ближе по выбранной метрике.

Алгоритм завершается, когда на какой-то итерации не происходит изменения разбиения на кластеры. Так как количество возможных разбиений конечного множества конечно, а на каждом шаге суммарное квадратичное отклонение  $Q$  не увеличивается, поэтому решение задачи происходит за конечное число итераций, и заикливание невозможно.

Как показано в [234], для некоторых классов исходных множеств сложность этого алгоритма по времени определяется как  $2^{\Omega(\sqrt{n})}$ .

Для начала процедуры кластеризации должны быть заданы  $k$  выбранных объектов, которые будут служить эталонами, т.е. центрами кластеров. Несмотря на сходимость алгоритма к некоторому решению, строго говоря, полученное решение зависит от выбранного первоначального эталона, и поэтому является локально-оптимальным. В этом случае важную роль играет выбор начальных условий и изучение результатов, получаемых при других эталонах. Представляет также научный интерес оценки глобального минимума и получения среднестатистических результатов оптимизации.

#### 4.6.1 Математическое описание алгоритма метода $k$ -средних и его модификации

Пусть имеется  $n$  объектов, каждый из которых характеризуется  $m$  признаками  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . Таким образом, эти объекты задаются  $n$  точками в  $m$ -мерном пространстве. Все объекты необходимо разбить на  $K$  кластеров. Для этого сначала из  $n$  точек каким-то способом выбирается  $K$  точек (объектов). Этот выбор можно сделать случайным образом или, исходя из каких-либо априорных соображений (например, выбрать точки наиболее равномерно по всему диапазону параметров). Примем эти точки за эталоны и каждому эталону присвоим порядковый номер, который является номером кластера.

На первом шаге из оставшихся  $(n-K)$  точек выбирается точка  $X_i$  с координатами  $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$  и проверяется, к какому из эталонов она находится ближе всего. Как правило, для этого используется одна из метрик, например, евклидово расстояние. Проверяемый объект привязывается к тому центру (эталону), для которого расстояние минимально. Эталон заменяется новым, пересчитанным с учетом присоединенной точки, причем вес его (количество объектов кластера) увеличивается на единицу. Если встретятся несколько минимальных расстояний, то  $i$ -ый объект присоединяют к центру с наименьшим порядковым номером.

Далее выбираем следующую точку  $X_{i+1}$ , и для неё повторяем все вышеперечисленные действия. Присоединив все точки исходного множества к  $K$  эталонам, получаем первое разбиение на кластеры. Для точек каждого кластера вычисляем векторы средних значений (центры тяжести кластеров), согласно формулам (4.18), (4.19), которые и будут новым эталоном для последующей итерации.

После  $(n-K)$  шагов все точки будут принадлежать одному из  $K$  кластеров. На этом процесс разбиения на кластеры не заканчивается. Чтобы добиться устойчивости разбиения, все точки  $X_1, X_2, \dots, X_n$  по тому же правилу

опять присоединяются к полученным кластерам. Новое разбиение сравнивается с предыдущим. Если они совпадают, то работа алгоритма завершается. В противном случае цикл повторяется. Центры тяжести для окончательного разбиения не совпадают с первоначальными эталонами, обозначим их  $C_1, C_2, \dots, C_K$ . В результате каждая точка  $X_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) будет относиться к такому кластеру, для которого расстояние между  $X_i$  и центром своего кластера минимально среди всех центров.

Заметим, что возможны две модификации метода  $k$ -средних. В первой - пересчет центра тяжести кластера производится после каждого изменения его состава, а во второй модификации такой пересчет производится лишь после того, как будет завершен просмотр всех данных. В любом случае итерационный алгоритм этого метода минимизирует дисперсию расстояний внутри каждого кластера.

Суммарные расстояния между точками, представляющими объекты, и центрами соответствующих кластеров, представленными звездами – суть критерия метода  $k$ -средних (см. рис. 4.2).

Существуют разнообразные расширения и вариации методов  $k$ -средних ( $k$ -means) [16], [19].

Широко известна и используется нейросетевая реализация  $k$ -means – одна из версий нейронных сетей Кохонена. Существует расширение  $k$ -means++, которое направлено на оптимальный выбор начальных значений центров кластеров. В программных системах используются и алгоритмы с заданным числом классов: методы  $g$ -means,  $c$ -means и  $x$ -means.

Метод  $g$ -means позволяет производить автоматический выбор оптимального числа кластеров на основании гауссовского (нормального) закона распределения, откуда и название алгоритма.

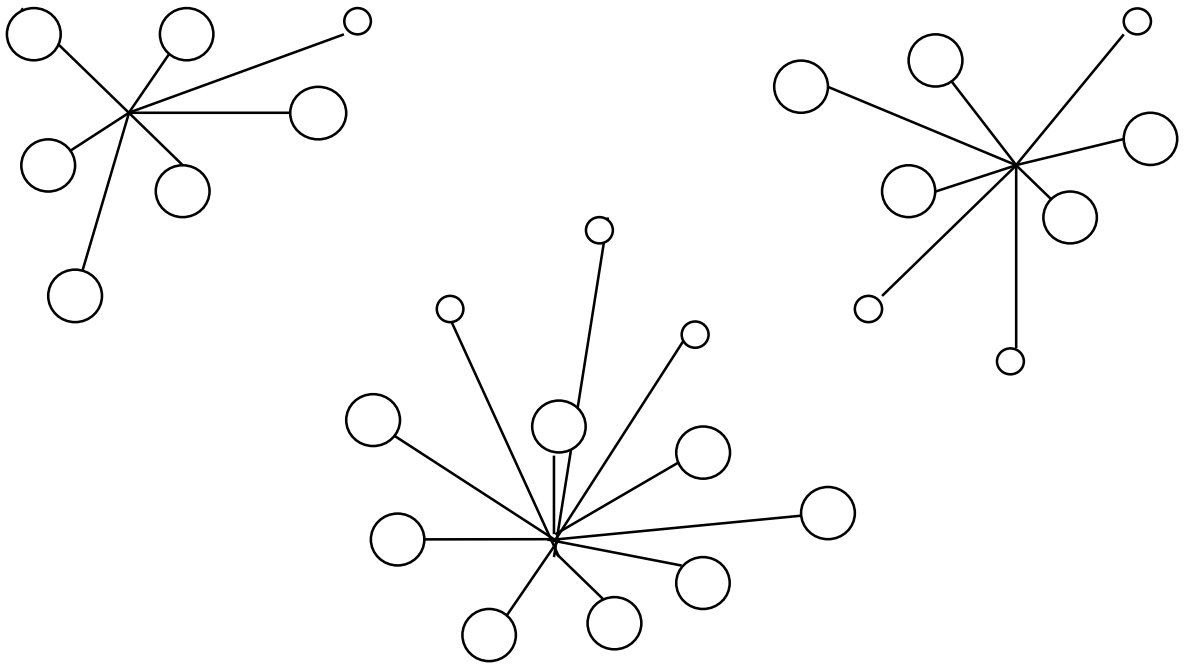


Рисунок 4.2 – Кластеризация по методу  $k$ -средних

Метод  $c$ -means – это метод нечеткой кластеризации (*fuzzy clusterization* [117]). Цель его такая же, как и у алгоритма метода  $k$ -means: распределить точки входного множества на кластеры так, чтобы средние точки (центры) разных кластеров различались как можно сильнее. Метод  $k$ -means даёт однозначный ответ, принадлежит ли какая-то точка тому или иному кластеру. При использовании метода  $c$ -means разрешается одной точке лежать одновременно в двух или более кластерах. Степень принадлежности точки  $i$  кластеру  $j$  характеризуется величиной  $\mu_{ij} \in [0,1]$ .

Кластеризация  $x$ -means означает расширение метода  $k$ -средних с эффективной оценкой количества кластеров.

В таблицах 4.2 и 4.3 представлены некоторые параметры сравнения вышеприведенных методов и указана их вычислительная сложность [5], [111].

Таблица 4.2 – Сравнительная таблица методов кластеризации

Методы кластеризации	Форма кластеров	Входные данные	Результаты
Иерархический	Произвольная	Число кластеров или порог расстояния для усечения иерархии	Бинарное дерево кластеров
<i>k</i> -средних	Гиперсфера	Число кластеров	Центры кластеров
<i>c</i> -средних	Гиперсфера	Число кластеров, степень нечеткости	Центры кластеров, матрица принадлежности
Выделение связанных компонент	Произвольная	Порог расстояния <i>R</i>	Древовидная структура кластеров
Минимальное покрывающее дерево	Произвольная	Число кластеров или порог расстояния для удаления ребер	Древовидная структура кластеров
Послойная кластеризация	Произвольная	Последовательность порогов расстояния	Древовидная структура кластеров с разными уровнями иерархии

Таблица 4.3 – Вычислительная сложность некоторых методов кластеризации

Методы кластеризации	Вычислительная сложность
Иерархический	$O(n^2)$
<i>k</i> -средних	$O(nKl)$ , где <i>K</i> – число кластеров, <i>l</i> – число итераций
<i>c</i> -средних	
Выделение связанных компонент	<i>зависит от алгоритма</i>
Минимальное покрывающее дерево	$O(n^2 \log n)$
Послойная кластеризация	$O(\max(n, m))$ , где $m < n(n-1)/2$



#### 4.7 Выводы по главе

1. В четвертой главе впервые предложен новый методологический подход к определению количества и мест размещения терминально-логистических объектов на основе методов кластерного анализа. Подробно изучена и доказана правомерность и преимущества использования методов кластерного анализа для решения практических задач, связанных с размещением объектов терминально-логистической инфраструктуры.

2. Показано, что минимизация суммарного расстояния перевозки от предприятий рассматриваемого региона до КТ на первом уровне и от КТ до КНРЦ на втором уровне предлагаемой модели КТС достигается вариацией самих подмножеств предприятий и КТ, что приводит к математической задаче оптимальной кластеризации исходного множества предприятий и КТ для определения оптимального места размещения КТ и КНРЦ.

3. Впервые предложено для решения задач, связанных с оптимизацией местоположения терминально-логистических объектов и определения их требуемого количества, использовать методологию на основе кластерного анализа.

4. Исследованы методы кластеризации объектов, предложен в качестве основного метода кластеризации алгоритм *k-means* Мак-Куина (*k*-средних), который определяет оптимальные кластеры (подмножества клиентов) со своими центрами: КТ на 1-м уровне и КНРЦ на 2-м уровне.

5. Исследованы наиболее известные системы с модулями кластерного анализа STATISTIKA, WEKA, DEDUKTOR STUDIO, Orange Data Mining, SPSS-STATISTIKA 17.

## 5 МЕТОДОЛОГИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕРМИНАЛЬНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НОВЫХ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ

Для реализации массового внедрения технологии контейнерных поездов, создания клиентоориентированной КТС, повышения уровня контейнеризации была предложена модель организации функционирования двухуровневой сети терминально-логистических объектов.

На первом уровне все предприятия, добывающие или производящие контейнеропригодную продукцию, необходимо прикрепить к КТ, а на втором уровне создать КНРЦ, к которым будут прикреплены подмножества КТ (см. рис. 5.1) [135], [136], [137], [138], [149], [150], [151].

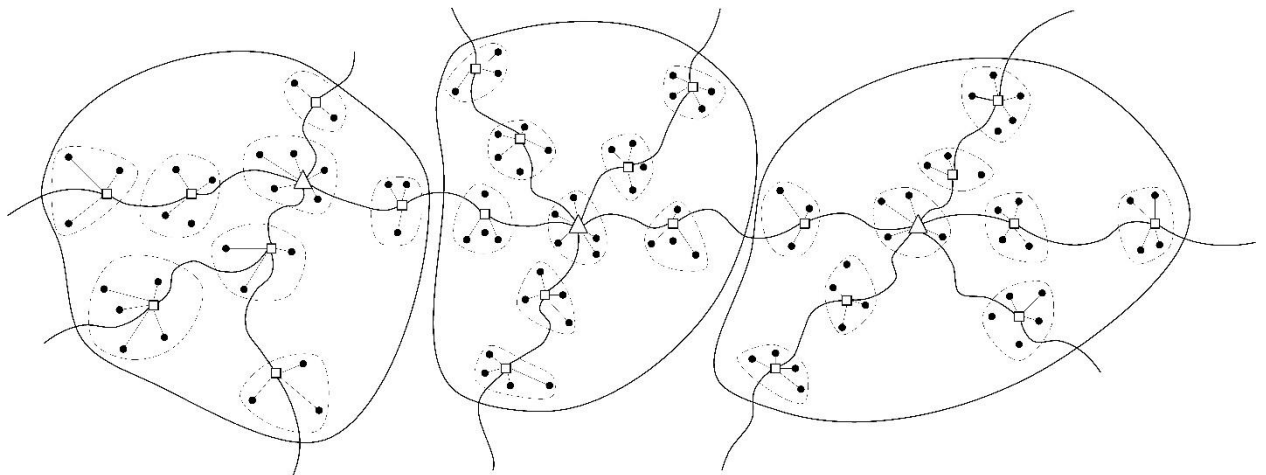


Рисунок 5.1 – Модель двухуровневой сети терминально-логистических объектов КТС: • – месторасположение предприятий (грузополучателей/грузоотправителей); □ – КТ; Δ – КНРЦ

КТ и КНРЦ являются центрами обслуживания грузопотоков своего уровня: 1-й уровень – от центров производства до КТ и 2-й уровень от КТ до КНРЦ. Предполагается, что между КТ и КНРЦ, а также между КНРЦ регионов перевозки осуществляются контейнерными поездами.

Наиболее актуальной среди множества задач создания единой сети КТС является задача оптимизации мест расположения указанных терминально-логистических объектов, при этом необходим подход, который бы увязывал данные о месторасположении грузоотправителей и грузополучателей (геоинформационные параметры), объём грузовой базы с геоинформационными параметрами конкретной сети железных дорог для возможного размещения в этих точках терминально-логистической инфраструктуры. При этом необходимо учитывать группы факторов, влияющих на дальнейшую эффективную эксплуатацию инфраструктуры, на основе минимизации затрат на подвоз контейнеропригодной продукции на КТ, на перевозку от КТ до КНРЦ, на перевозку между КНРЦ, а также инвестиций в развитие терминально-логистической инфраструктуры.

В главе 2 диссертационного исследования установлено, что рассмотренные классические задачи определяют оптимальные свойства некоторых точек - «центров», когда множество точек задано. Необходимо отметить, что в поставленной выше задачи оптимизации двухуровневой сети КТС «центры» должны соответствовать не заданному исходному множеству точек, а подмножествам заданного множества, которые заранее неизвестны. Их вариация и даёт дополнительный резерв оптимизации.

Выявлено, что решение оптимизационных задач по выбору мест расположения КТ и КНРЦ при помощи графовых моделей и математического программирования при многих комбинаторных ограничениях приводят к сложным вычислительным процедурам переборного характера, что не позволяет применять их в рамках территорий федеральных округов или всей страны.

В результате анализа существующих практических методик определения местоположения терминально-логистических объектов установлено, что они не учитывают количество объектов, места их размещения относительно промышленного производства, объёмы

грузопотоков от отдельных грузоотправителей и грузополучателей, а также существующую топологию железных дорог.

В главе 4 настоящей работы для решения поставленных задач оптимизации производственно-транспортных систем предложена процедура кластеризации объектов – применение универсальной методологии разбиения множества объектов на подмножества со своими центрами, обладающими оптимальными свойствами. При этом использование метрик близости точек, применяемых в кластерном анализе, моделирует минимизацию расстояний при перевозке, а если в качестве «веса» каждой точки принять объём производимой/добываемой продукции производства, то можно решать задачу минимизации издержек при перевозках как задачу оптимизации кластеров и их центров.

За счет сокращения средней дальности перевозок в целом, обеспечивается снижение грузооборота в тонно-километрах, что является положительным фактором, поскольку тарифы на перевозку являются нелинейными по отношению к расстоянию и увеличение дальности перевозок не прямо пропорционально доходам от перевозок.

Рассмотренный в 4 главе метод кластеризации на основе метода *k-means* находит оптимальный «центр» в любой геометрической точке пространства. Вместе с тем, при определении мест расположения объектов терминально-логистической инфраструктуры (КТ и КНРЦ) необходимо учитывать их расположение на железнодорожной сети. Поэтому предложено производить проектирование центра, получаемого классическим методом, с учётом существующей топологии железных дорог - на железнодорожную станцию. В этих целях в настоящей работе разработан метод кластеризации «с проекцией», названный *k-means pro* [135], [136], [137], [138], [149], [150], [151].

## 5.1 Разработка метода кластеризации с возможностью проекции центров кластеров на сеть железных дорог (*k-means pro*)

Приведем описание метода кластеризации «с проекцией» *k-means pro* [136].

Пусть задано исходное множество объектов  $J$  ( $j=1, n$ ), подлежащих кластеризации, характеризуемые своими координатами  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ , их веса  $V = \{v_1, \dots, v_n\}$  и допустимое множество проекций  $P$  ( $r=1, p$ ) со своими координатами  $Y = \{y_1, \dots, y_p\}$ . Таким образом  $j$ -й объект и  $r$ -я допустимая точка-проекция задаются в  $G$ -мерном пространстве  $R^G$ , а именно:  $x_j = (x_{j1}, \dots, x_{jG})$  и  $y_r = (y_{r1}, \dots, y_{rG})$ . Обозначим разбиение исходного множества на  $k$  кластеров в виде набора подмножеств  $S = \{S_1, \dots, S_k\}$ .

Задан параметр  $k$  - число кластеров, на которые производится разбиение множества  $X$ . В результате необходимо получить оптимальное разбиение  $S^* = \{S_1^*, \dots, S_k^*\}$ , центры которого являются оптимальным множеством проекций  $C^* \subseteq Y$ .

Обозначим:  $i, i'$  - номера кластеров,  $j$  - номер объекта,  $r$  - номер точки множества проекций,  $l$  - номер координаты точки,  $m$  - текущая итерация,  $G$  - размерность пространства, в котором выполняется кластеризация,  $n$  - количество объектов исходного множества,  $p$  - количество точек допустимого множества проекций.

Расстояние между точками  $t_1$  и  $t_2$  в  $G$ -мерном пространстве найдем по Евклидовой метрике:

$$d(t_1, t_2) = \sqrt{\sum_{l=1}^G (t_{1l} - t_{2l})^2}. \quad (5.1)$$

1. Выбираем начальное разбиение  $S^0 = \{S_1^0, \dots, S_k^0\}$ :

$$S_i^0 = \{x_{i1}^0, \dots, x_{in}^0\}, \bigcup_{i=1}^k S_i^0 = X, S_i^0 \cap S_{i'}^0 = \emptyset, i \neq i'. \quad (5.2)$$

2. Для каждого  $m$ -го разбиения  $S^m = \{S_1^m, \dots, S_k^m\}$ , начиная с  $S^0 = \{S_1^0, \dots, S_k^0\}$ , вычислим набор средних векторов (центров)

$$E^m = \{e_1^m, \dots, e_k^m\}, \text{ т.е. } e_i^m = (e_{i1}^m, \dots, e_{iG}^m),$$

здесь

$$e_{il}^m = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} v_j x_{jl}}{\sum_{j=1}^n v_j}, \quad (5.3)$$

где  $n_i$  - количество элементов (точек)  $i$ -го кластера.

3. Для  $m$ -го разбиения вычислим также множество проекций средних:

$$C^m = \{y \in Y : \forall i, d^*(y, e_i^m) = \min_{1 \leq r \leq p} d(y_r, e_i^m)\}. \quad (5.4)$$

4. Вычислим разбиение, порождаемое множеством  $C^m$ , и возьмем его в качестве  $S^{m+1} = (S_1^{m+1}, \dots, S_k^{m+1})$ , т.е.

$$S_i^{m+1} = \left\{ x \in X : d(x, c_i^m) = \min_{1 \leq i' \leq k} d(x, c_{i'}^m) \right\}, 1 \leq i \leq k. \quad (5.5)$$

5. Проверяем: если  $S^{m+1} \neq S^m$ , то заменяем  $m$  на  $m + 1$  и переходим к п. 2, а если  $S^{m+1} = S^m$ , то на этом алгоритм заканчивается. Полагаем  $S^m = S^*$ ,  $C^m = C^*$ .

Критерием оптимизации в классическом алгоритме *k-means* является функционал [5]

$$F(S) = \sum_{i=1}^k \sum_{X \in S^i} \|X - e_i(S)\|^2.$$

Функционал  $F(S)$  при переборе разбиений  $S^0, S^1, \dots, S^m, \dots$ , не возрастает, причем равенство  $F(S^m) = F(S^{m+1})$ , возможно только если выполняется равенство  $S^m = S^{m+1}$ . Таким образом, через конечное число шагов алгоритм заканчивает работу для любого начального разбиения  $S^0$ . В нашем случае, достигаемый критерий оптимизации для найденных центров  $c_i^*$  имеет вид

$$F'(S) = \sum_{i=1}^k \sum_{X \in S^i} \|X - c_i^*(S)\|. \quad (5.6)$$

В результате расчетов каждый раз получаем локальный минимум  $F(S)$ , при этом результат кластеризации зависит от выбора начального эталона  $e^0$ . Координаты  $e^0$  можно получать различными способами. Так, например, в настоящей работе они выбирались случайными числами, равномерно распределенными в пределах возможных координат исходных точек. Чтобы проверить устойчивость результатов и получать различные усредненные зависимости, выбор  $e^0$  можно изменять.

На рисунке 5.2 схематически показана работа метода кластеризации «с проекцией». Кружки – это точки производства, линия – это железная дорога, квадраты – это центры кластеров на каждой итерации, курсором заданы железнодорожные станции.

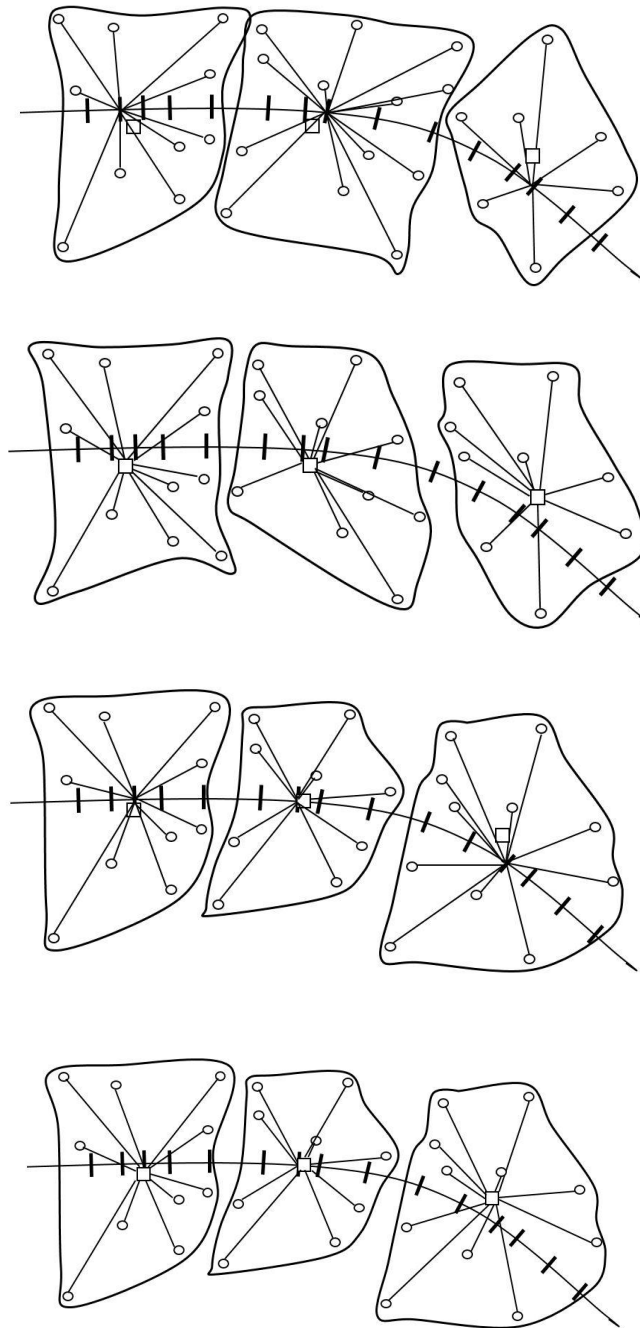


Рисунок 5.2 – Иллюстрация работы метода *k-means pro*

Разработан программный продукт, позволяющий реализовать метод *k-means pro* и другие известные методы кластеризации.

На рисунке 5.3, для примера, показаны результаты кластеризации точек на основе метода *k-means*, а на рисунке 5.4 – соответственно на основе *k-means pro*. Железнодорожная магистраль в данном примере представлена в виде



«синусоиды» (+ изображены центры кластеров, о – железнодорожные станции) [150].

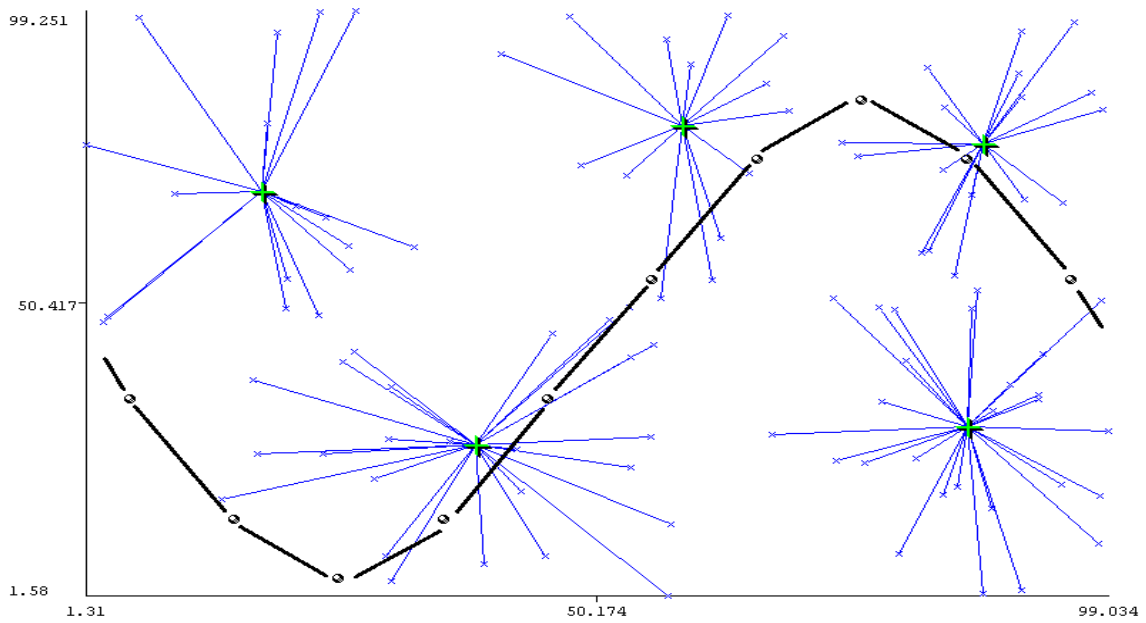


Рисунок 5.3 – Результаты кластеризации для тестового примера по методу  $k$ -means

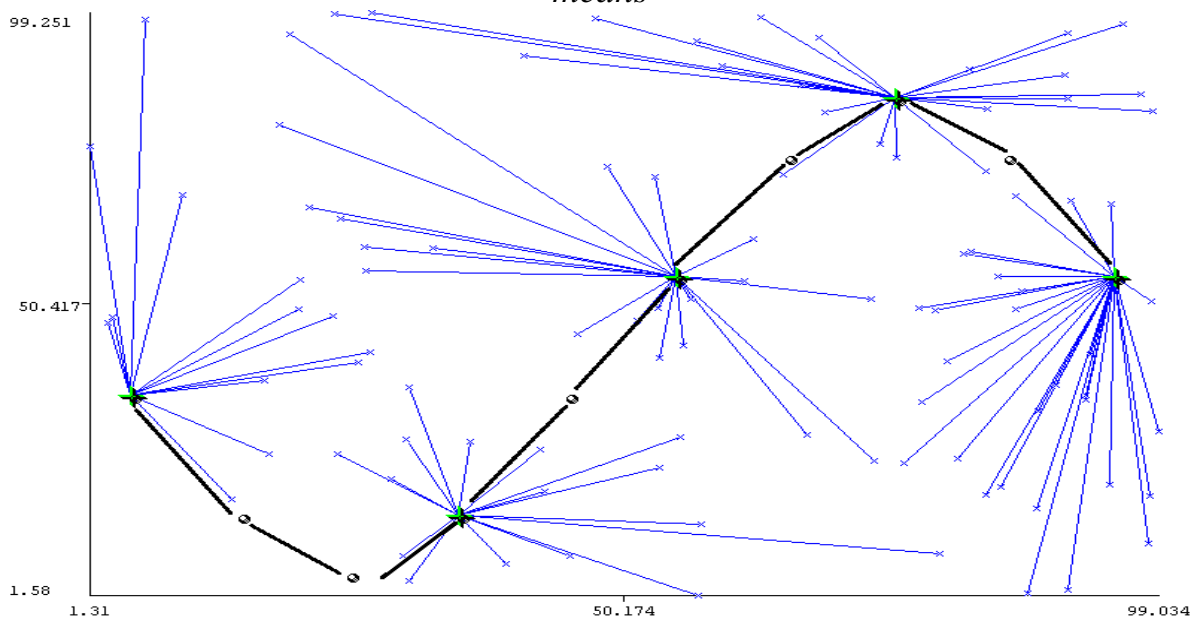


Рисунок 5.4 – Результаты кластеризации для тестового примера по методу  $k$ -means pro

## 5.2 Исследование свойств различных методов кластеризации на основе интерактивной программы анализа

Работа любого метода кластеризации существенно зависит от расположения исходных объектов в пространстве параметров. В настоящей работе, исходные точки – это координаты и объёмы производств, а также конкретный «рисунок» железнодорожной сети и станций. Опыт применения различных методов кластеризации для задач кластеризации производств и определения местоположения КТ показал, что результаты существенно зависят от расположения исходных объектов (производств и станций). Для изучения свойств различных методов кластеризации и получения информации для разработки метода кластеризации «с проекцией» было разработано программное средство, позволяющее задавать различные варианты расположения объектов, и проверять различные параметры алгоритмов.

Координаты производств, вид железнодорожной сети и расположение железнодорожных станций в этой программе задаются курсором на условной карте местности. Можно придать каждой точке-производства «вес», условно соответствующий объёму производства. Такой режим ввода данных позволяет проиграть разнообразные варианты расположения объектов и получать соответствующие параметры работы алгоритмов. Были исследованы наиболее известные методы: метод кратчайшего дерева, метод минимального покрывающего дерева, метод *k-means* и предложенный в данной работе метод *k-means pro*.

На рисунке 5.5 показано изображение точек производств в этой программе. Размер точки соответствует объёму производства (указывается «мышью»). Курсором заданы железнодорожные станции на выбранной железнодорожной сети (направлении).

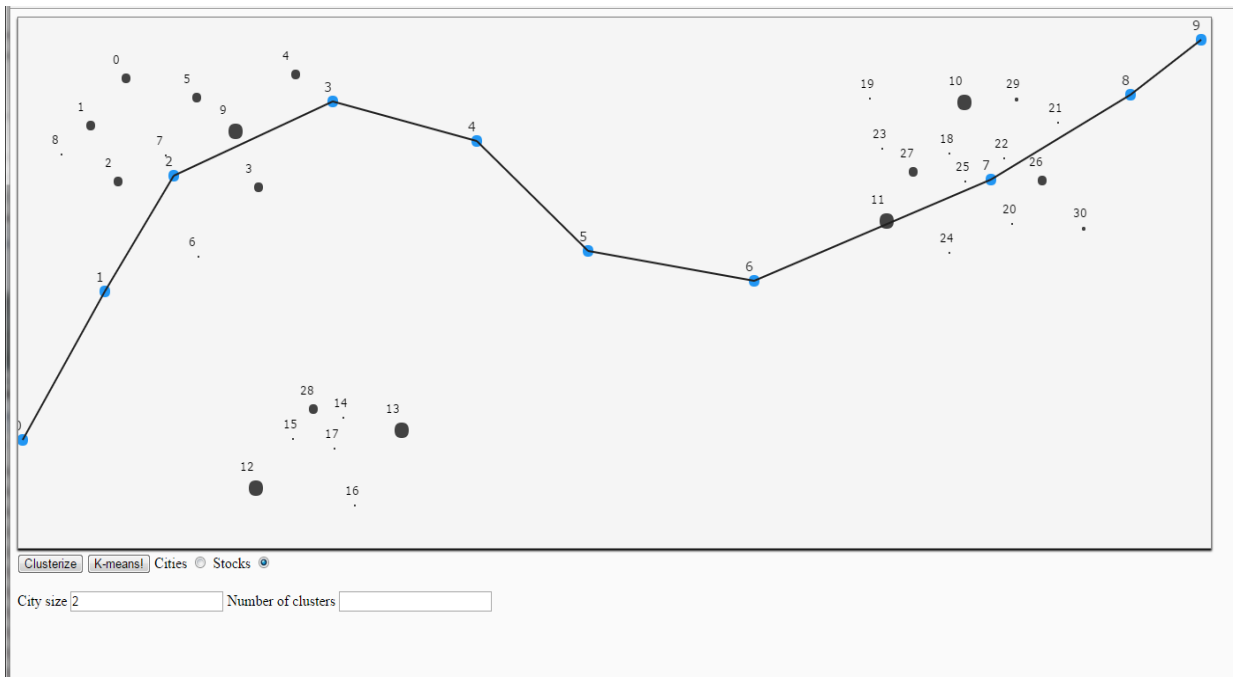


Рисунок 5.5 – Интерфейс интерактивной программы для исследования методов кластеризации при заданных исходных данных

Далее можно указать количество кластеров и выбрать тот или иной метод. Можно проанализировать работу алгоритма по шагам или получить окончательный результат (рис. 5.6 и рис.5.7).

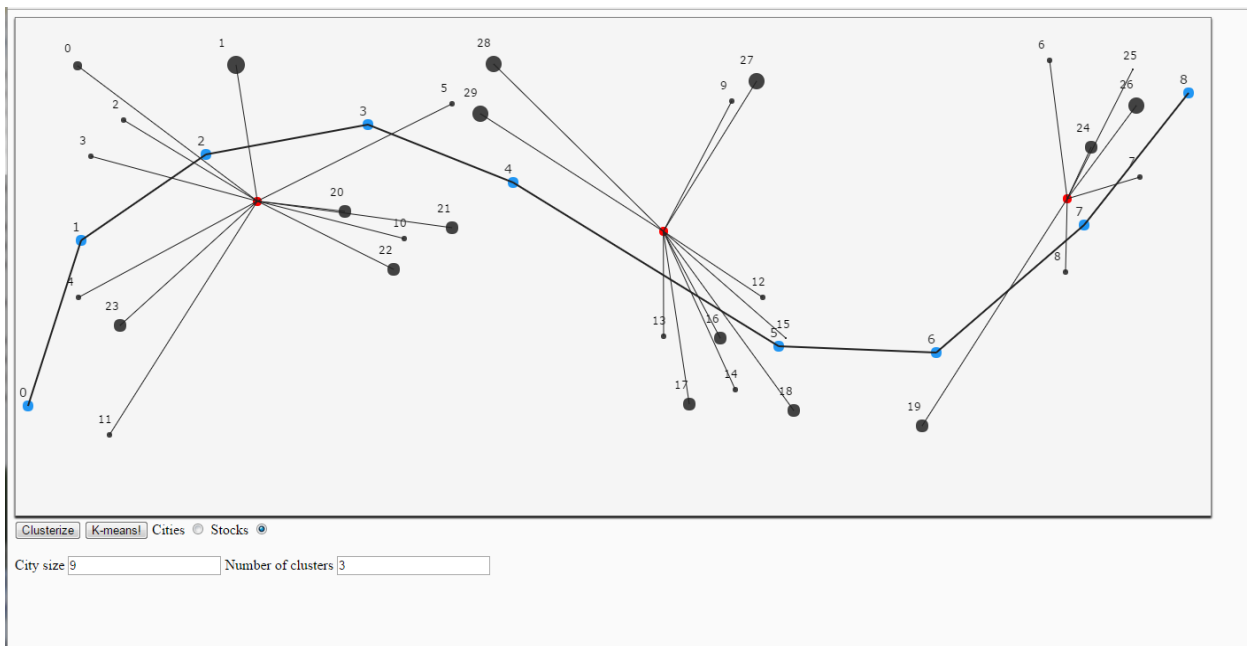


Рисунок 5.6 – Одна из форм интерфейса интерактивной программы для исследования методов кластеризации при просмотре результата работы метода *k-means*

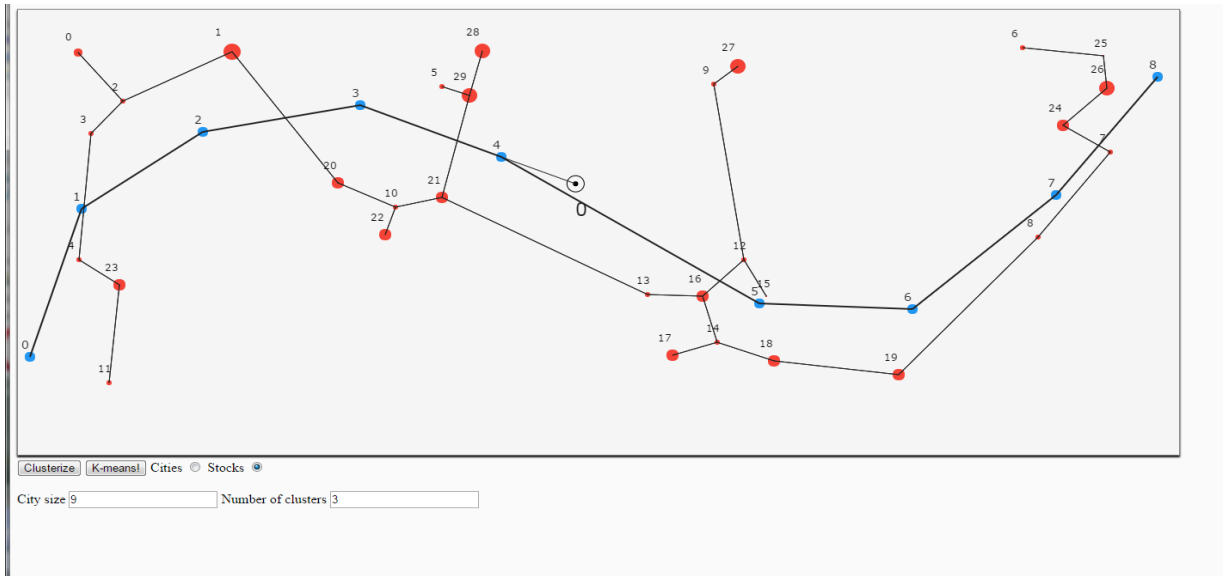


Рисунок 5.7 – Одна из форм интерфейса интерактивной программы для исследования методов кластеризации при просмотре результата работы метода минимального покрывающего дерева

В другой опции этой программы можно сравнить результаты работы различных методов, одновременно выведя их на экран ПЭВМ (рис. 5.8).

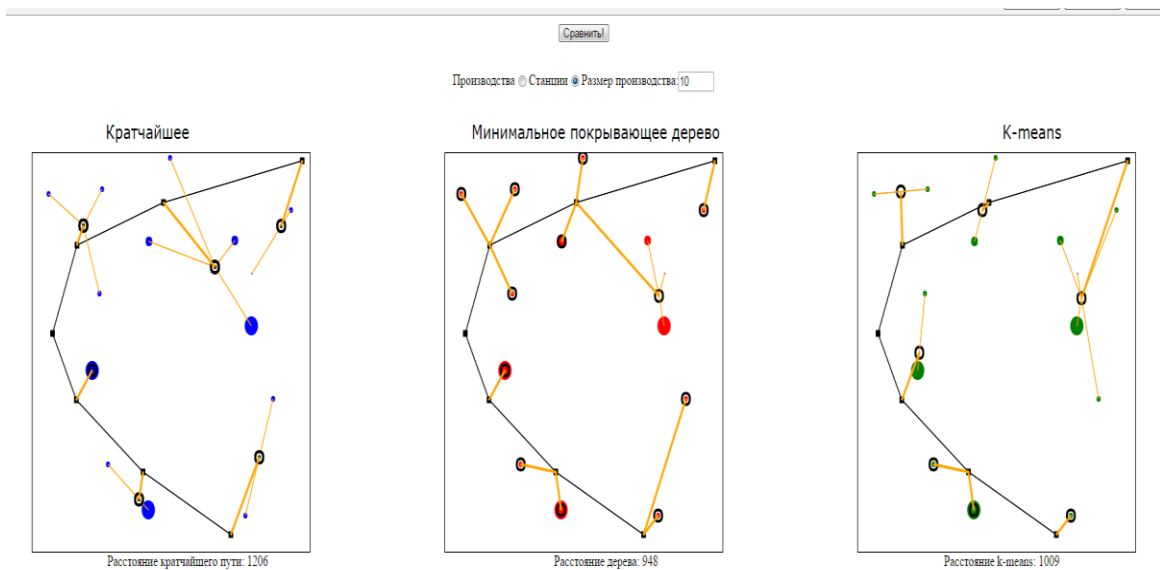


Рисунок 5.8 – Пример сравнения результатов работы различных методов на тестовых примерах

Использование разработанной интерактивной программы позволило провести большое количество экспериментов по исследованию свойств этих

методов. При этом оказалось, что предложенный метод *k-means pro* не уступает другим методам при малой размерности задач и превосходит другие методы для задач сверхбольшой размерности, и особенно в случае сильных сгущений объектов, что характерно для реальной «карты» производств и железных дорог.

### 5.3 Решение задачи оптимизации мест расположения контейнерных терминалов на основе различных модификаций метода кластеризации *k-means pro*

В качестве исходных данных для отработки методов, их анализа и выявления закономерностей в этом разделе исследования выбрано 900 крупнейших промышленных предприятий Приволжского федерального округа (ПФО). Каждое такое предприятие имеет номер  $i$ , и определяется тремя параметрами: координатами  $x_i$ ,  $y_i$  и годовым объёмом контейнеропригодной продукции  $v_i$ . Железнодорожные станции заданы на сети 6 железных дорог, проходящих по территории ПФО [136]. А также условно были заданы некоторые другие значения, необходимые для проведения экспериментов.

Это предопределило большую размерность решаемых задач, позволило проверить работоспособность предлагаемых методов в реальных условиях и оценить сложность и быстродействие в решаемых задачах, а также оценить возможность применения разработанных моделей, методов, алгоритмов и методик для всей территории Российской Федерации.

Обоснованность формируемых кластеров в работе, т.е. приемлемость полученных результатов по определению мест расположения контейнерных терминалов, определялось *валидацией* полученных кластеров [136], [151].

Различают два типа валидации: внутреннюю – по тому, насколько кластеры соответствуют исходным данным, и внешнюю (целевую) – по тому,

насколько кластеры соответствуют информации, не учитывающийся при их построении, но известной специалистам, которые используют кластеризацию в своих целях.

Для внутренней валидации в литературе используются самые разнообразные индексы, выражающие качество результатов кластеризации.

Наиболее популярным является индекс Дэвиса – Болдина, который был использован в настоящей работе [151]:

$$DB = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^k \max_{i \neq j} \left\{ \frac{S_k(Q_i) + S_k(Q_j)}{S(Q_i, Q_j)} \right\}, \quad (5.7)$$

где  $k$  – количество кластеров,  $S_k$  – среднее расстояние от объектов до центра кластера,  $S(Q_i, Q_j)$  – расстояние между центрами кластеров.

Чем меньше значение этого индекса, тем кластеры компактнее и удаленнее друг от друга. Это позволяет обосновать количество кластеров  $k$ .

Этот вопрос является важным, поскольку при кластеризации производств количество центров-КТ  $k$  может быть, в общем случае, не задано, и должно находиться из условия оптимизации какого-то дополнительного критерия.

Рассмотрим критерий, который выражает целевое предназначение кластеризации: определение мест расположения КТ как центров кластеров среди всех заданных станций сети железных дорог. Здесь есть два варианта [136].

1. Количество центров (КТ) задано. Это будет тогда, когда при проектировании определены инвестиционные ресурсы на создание всех КТ, и известна средняя нормативная стоимость одного КТ. В данном случае сами затраты на создание всех КТ не оптимизируются, а в качестве критерия выступают затраты на перевозку грузов от всех клиентов до своих КТ:

$$E_1 = \sum_{i=1}^n D_i \cdot V_i \cdot s \rightarrow \min, \quad (5.8)$$

где  $E_1$  - затраты грузоотправителей на подвоз продукции от предприятия до КТ;

$D_i$  - расстояние перевозки от предприятия до КТ;

$V_i$  - объём производимой/добываемой контейнеропригодной продукции;

$s$  - расходная ставка на перевозку.

2. Количество КТ не задано ( $k$  неизвестно), но известна средняя стоимость одного КТ -  $c$ . Критерием оптимизации выступает сумма общих затрат на перевозку и на создание КТ:

$$E = \sum_{i=1}^n D_i \cdot V_i \cdot s + c \cdot k \cdot \gamma \rightarrow \min, \quad (5.9)$$

где  $\gamma$  – нормативный коэффициент эффективности.

Исследование, связанное с корректностью предлагаемой методологии, и решение поставленной задачи производилось по трем различным методам:

1. Метод *k-means* [5]. В результате использования данного метода КТ будут располагаться в геометрических центрах, обеспечивающих оптимальные свойства с позиции наименьшего для всей сети перевозок суммарного расстояния от точек-предприятий до КТ. Такую кластеризацию назовем свободной, а метод, реализующий её, обозначим как алгоритм 1 [136].

2. Метод *k-means с проекцией на последнем шаге*. Сначала произведем кластеризацию объектов с помощью метода *k-means*. В результате получим разбиение предприятий в виде кластеров с геометрическими центрами, а затем для каждого центра найдем ближайшую железнодорожную станцию и будем считать, что здесь должен располагаться КТ. Реализацию метода с проекцией на последней итерации назовем – алгоритм 2 [136].

3. Метод *k-means с проекцией (k-means pro)*. Выбираем число  $k$  и на первом шаге выбрасываем  $k$  случайных точек, называемых центрами

кластеров. Затем каждое производство привязываем к ближайшему центру. В результате получаем, что каждый объект назначен определенному кластеру. Вычисляем новые центры как по координатным средним кластеров, а затем проецируем их на множество железнодорожных станций. Полученный набор считаем новыми центрами кластеров, затем объекты снова перераспределяем. Процесс вычисления центров и перераспределения объектов продолжаем до тех пор, пока кластерные центры не стабилизируются, т.е. принадлежат кластерам, которым они принадлежали до текущей итерации. Назовем реализацию такого метода - алгоритмом 3 [136].

Для проведения экспериментальных и практических расчетов был написан и использован адаптированный под решаемые транспортные задачи программный продукт на языке JavaScript. Он реализуется в нескольких режимах: с заданным или произвольным количеством кластеров. В первом случае, реализация заключается в применении выбранного метода и задания числа кластеров  $k$ . Во втором – количество кластеров определяется согласно выбранному критерию (минимум суммарных затрат на перевозку и затрат на создание  $k$  КТ или индексу Дэвиса-Болдина) с помощью перебора вариантов для каждого  $k$  [136], [137].

Стоит отметить, что такое разнообразие режимов работы позволяет экспериментальным образом достигнуть наилучшего результата разбиения.

Рассмотрим некоторые зависимости, закономерности и результаты, полученные на основе экспериментов при усреднении от 100 реализаций.

Запустив на выполнение программу в режиме метод свободной кластеризации (Алгоритм 1), выберем в качестве критерия  $D = \sum_{i=1}^n D_i$ . Для примера точные цифровые результаты показаны в таблице 5.1 [136], [151].



Таблица 5.1 - Пример выдаваемых программой результатов

k=25; Общий объем грузов				558296 т		
Общее расстояние				19019,14 км		
Объем перевозок				18234000 т-км		
Среднее расстояние до КП				22,4 км		
Среднее расстояние между КП				98,1 км		
N	Станции-КП	Кол-во предприятий	Номера в списке предприятий	Объем	% от общего объема	Сред расст. до КП
1	Трофимовский2	54	788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 828, 829, 830, 831, 832, 835, 837, 838, 839, 840, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852	54713	9.8	2
2	Кротовка	12	150, 151, 199, 200, 208, 576, 577, 602, 611, 723, 724, 749	35373	6.3	16

Результат выполнения программы представлен на рисунке 5.9. График зависимости критерия  $D$  от  $k$  показан на рисунке 5.10. Полученные данные: количество кластеров – 25,  $D = 19019,14$ . Из графика видно, что с ростом количества кластеров суммарное расстояние сначала резко уменьшается, а затем уменьшается медленно.

Следующим шагом выберем в качестве критерия индекс Дэвиса-Болдина, а метод оставим прежним – свободная кластеризация. Результат выполнения программы представлен на рисунке 5.11. График зависимости критерия  $DB$  от величины количества кластеров  $k$  показан на рисунке 5.12. Оптимальный результат: количество кластеров – 10,  $DB = 0.63$ .

В режиме метод  $k$ -means с проекцией, критерий – суммарное расстояние от всех точек до своих центров  $D = \sum_{i=1}^n D_i$ . Результат выполнения программы для  $k=25$  представлен на рисунке 5.13. Полученные данные:  $D = 27736,88$  км. График зависимости критерия  $D$  от  $k$  показан на рисунке 5.14.

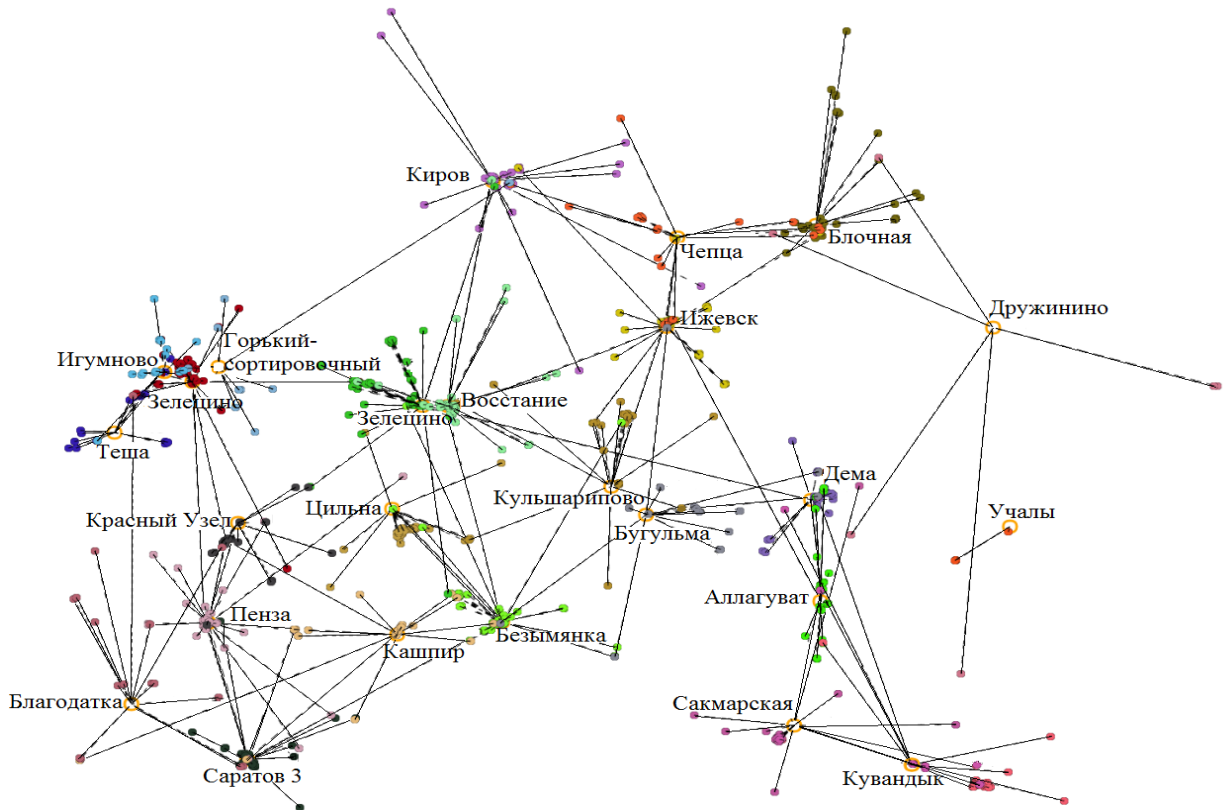


Рисунок 5.9 - Результат выполнения программы в режиме свободной кластеризации с критерием суммарного расстояния

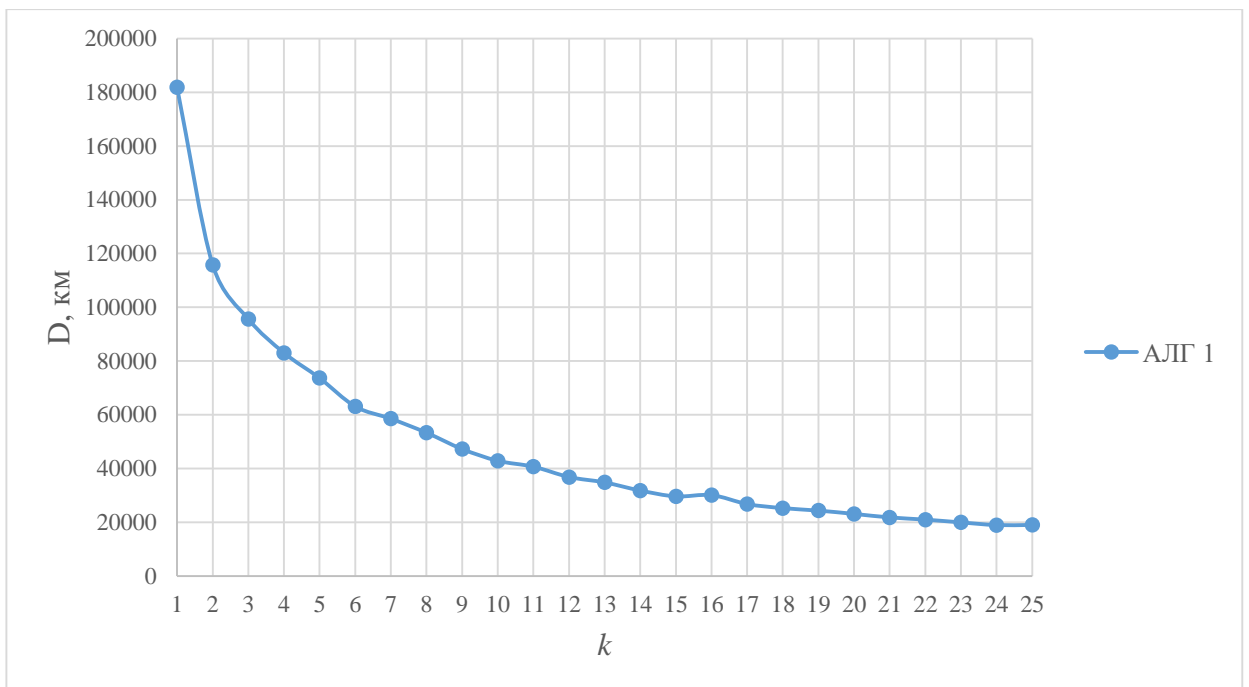


Рисунок 5.10 – Зависимость суммарного расстояния перевозки от количества кластеров  $k$  в режиме свободной кластеризации

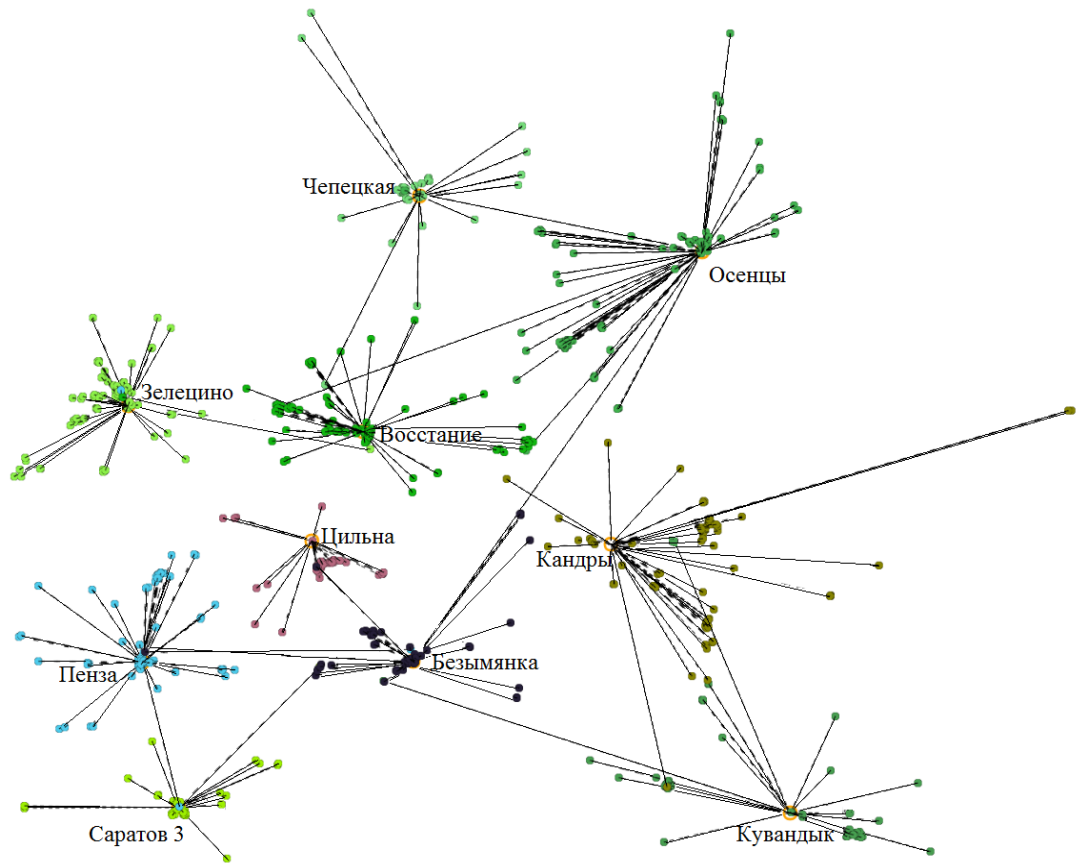


Рисунок 5.11 - Результат выполнения программы в режиме свободной кластеризации с критерием Дэвиса-Болдина

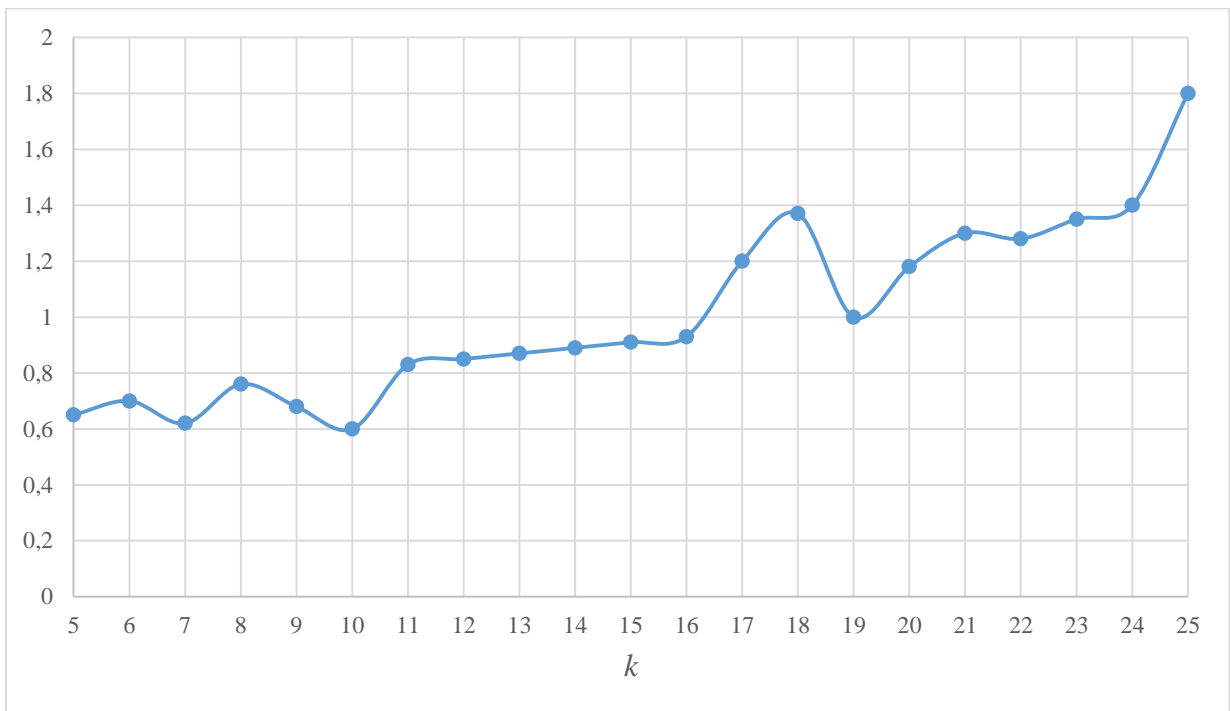


Рисунок 5.12 - Зависимость индекса Дэвиса-Болдина от количества кластеров  $k$  в режиме свободной кластеризации

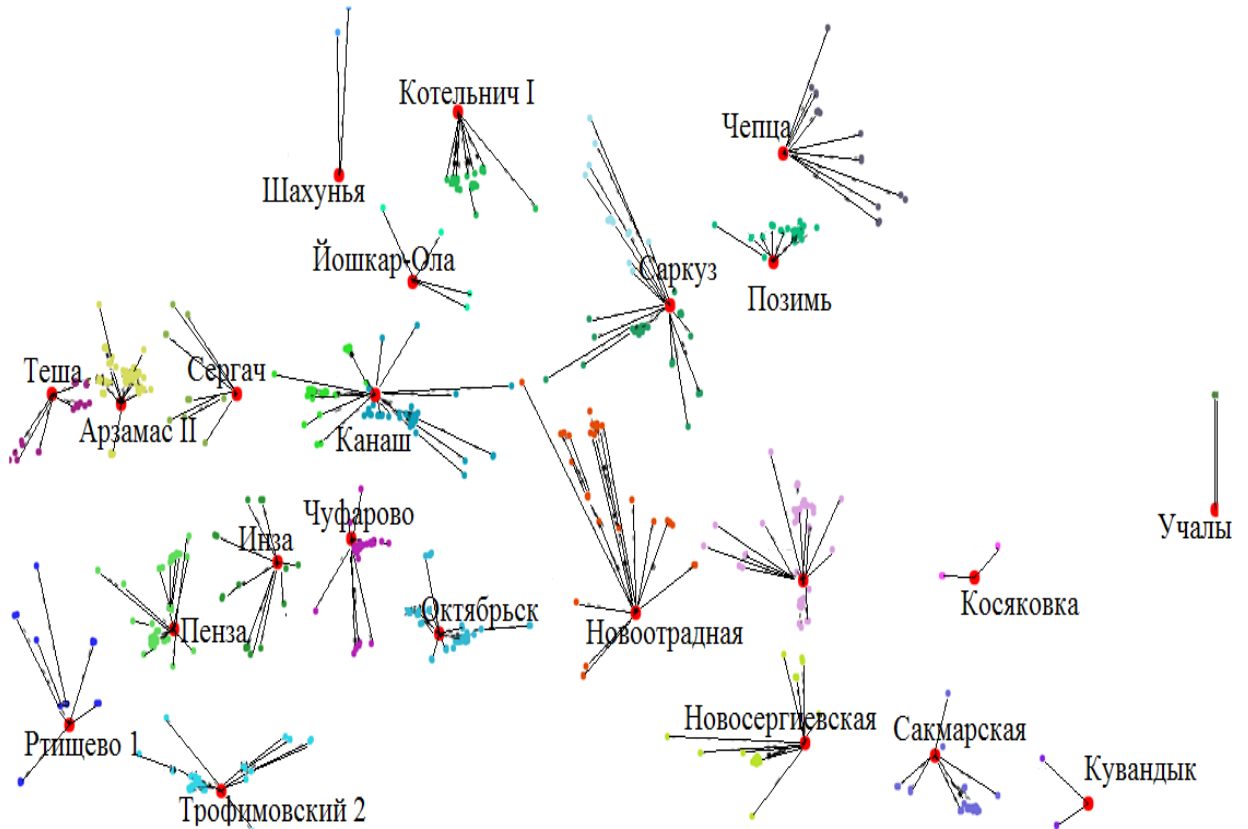


Рисунок 5.13 - Результат выполнения программы для  $k=25$  в режиме кластеризации с проекцией и критерием суммарного расстояния

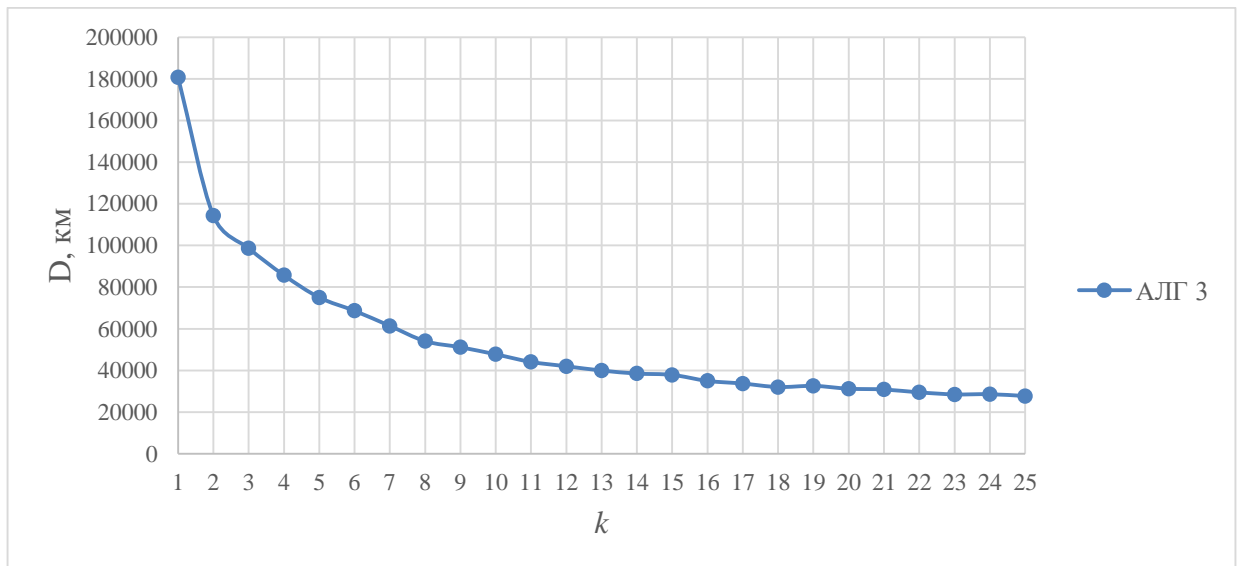


Рисунок 5.14 - График зависимости суммарного расстояния перевозки от количества кластеров  $k$  в режиме кластеризации с проекцией

Из графиков, представленных на рисунках 5.10 и 5.14, видно, что при увеличении числа  $k$  суммарное расстояние  $D = \sum_{i=1}^n D_i$  сокращается.

Далее для оптимизации числа кластеров  $k$  выберем индекс Дэвиса-Болдина, а алгоритм оставим прежним – кластеризация с проекцией. Результат выполнения программы  $k=22$  представлен на рисунке 5.15.

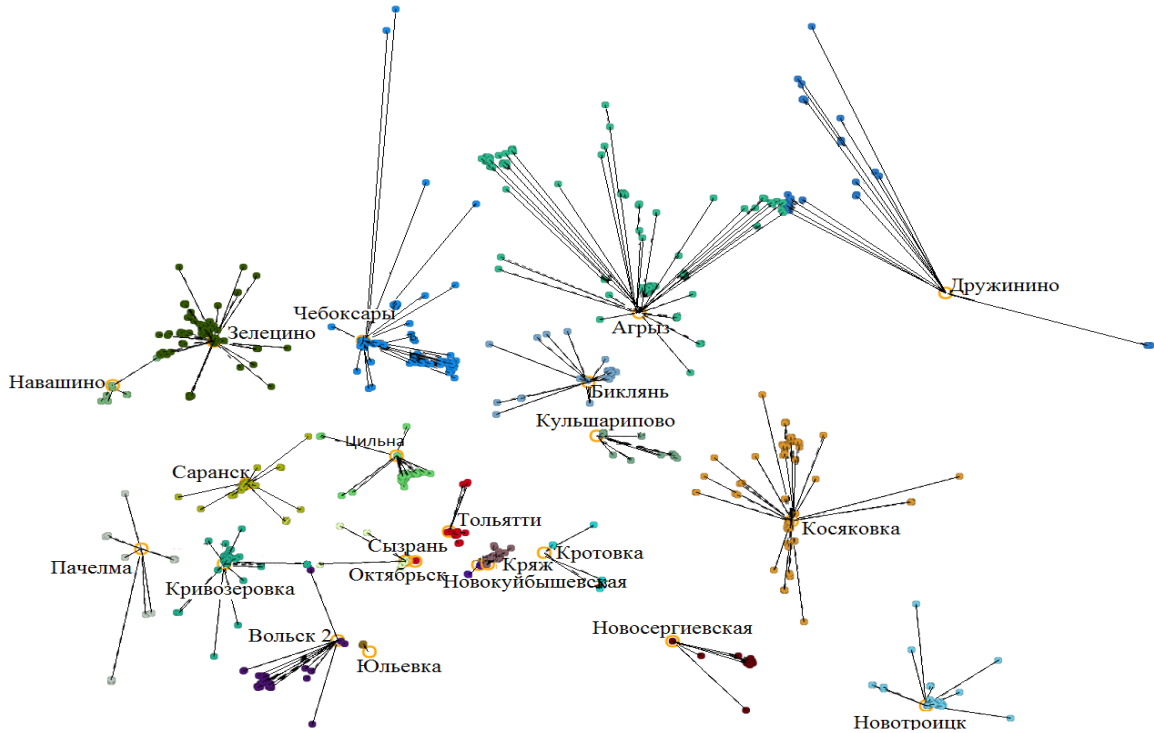


Рисунок 5.15 - Результат выполнения программы в режиме кластеризации с проекцией и критерием Дэвиса-Болдина

График зависимости критерия  $DB$  показан на рисунке 5.16.

Полученные данные: оптимальное количество кластеров  $k = 22$ ,  $DB = 0.71$ .

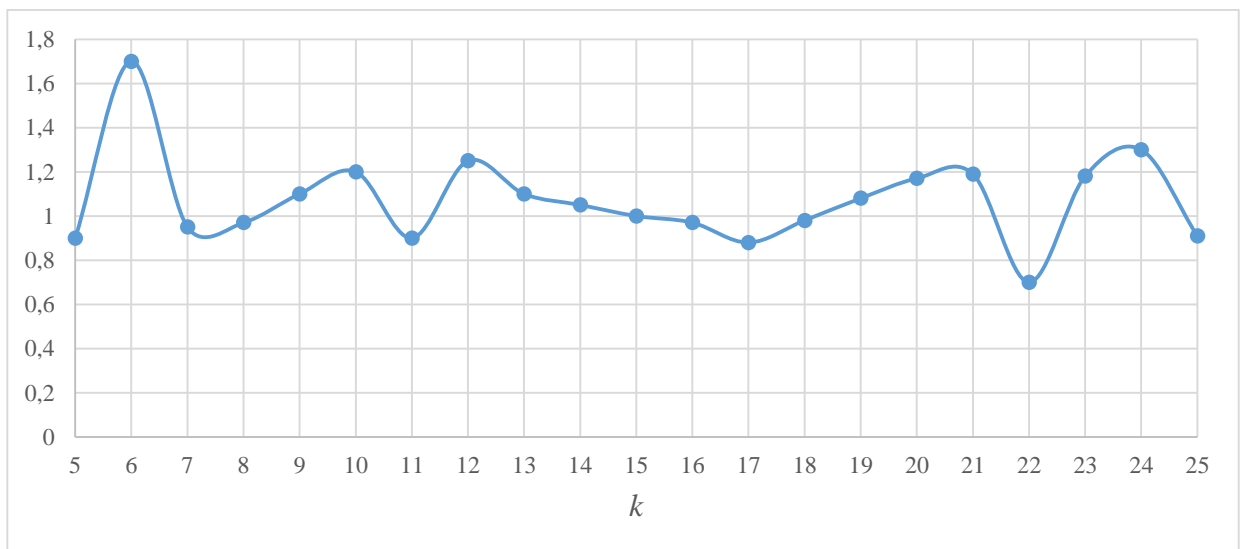


Рисунок 5.16 - Зависимость индекса Дэвиса-Болдина от количества кластеров  $k$  в режиме кластеризации с проекцией

Проведем кластеризацию при условии задания целевого критерия в случае, когда известно число  $k$  (КТ), т.е. когда при проектировании заданы ресурсы на создание всех КТ и известна средняя нормативная стоимость одного КТ. В этом случае сами затраты на создание всех КТ не оптимизируются, и в качестве критерия выступают затраты на перевозку грузов от всех клиентов до своих КТ [136], [137].

Проведем кластеризацию при заданных количествах  $k$ , которое будем менять от 1 до 25 по все трем алгоритмам, описанным выше. Результаты выполнения алгоритма 1, алгоритма 2 и алгоритма 3 в виде графика зависимостей представлены на рисунке 5.17 [136], [137].

Как видно из рисунка 5.17, общие затраты на перевозку сокращаются при увеличении  $k$  – числа КТ. С этой точки зрения, чем больше КТ, тем меньше затраты на перевозку продукции от производств до КТ.

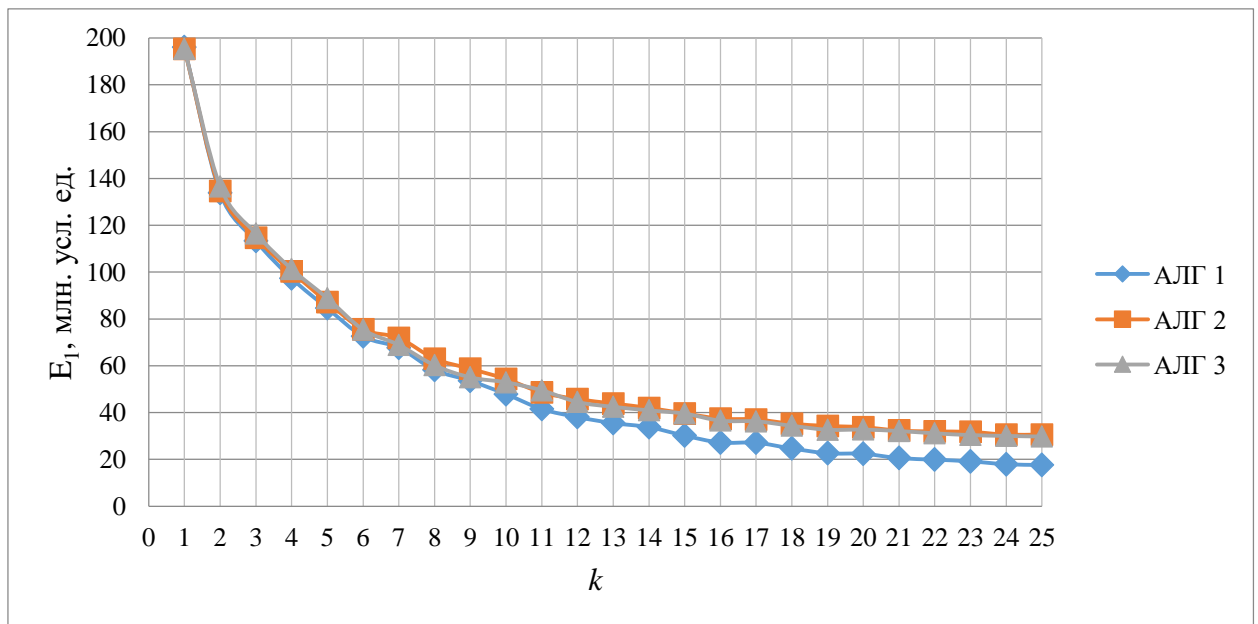


Рисунок 5.17 – Зависимости затрат грузоотправителей на перевозку от количества кластеров (планируемых к строительству КТ) при выполнении кластеризации

Рассмотрим отличия в результатах, получаемых с использованием метода кластеризации  $k$ -means и метода  $k$ -means pro. В разработанном методе кластеризации  $k$ -means pro центры кластеров обязательно должны находиться на станциях. Это ограничивает возможности получения лучших значений

критерия для процесса кластеризации, т.к. на каждой итерации проектируются полученные центры кластеров на железнодорожную станцию. При этом получаем вариант кластеризации с худшим значением критерия  $E_{1пр}$ , вычисленного с использованием величины  $D_{пр}$ .

Для метода кластеризации *k-means*

$$D = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} d(x_{ij}, e_i), \quad d(x_{ij}, e_i) = \sqrt{(x_{ij1} - e_{i1})^2 + (x_{ij2} - e_{i2})^2}. \quad (5.10)$$

Для метода кластеризации *k-means pro*

$$D_{пр} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} d(x_{ij}, c_i^*), \quad d(x_{ij}, c_i^*) = \sqrt{(x_{ij1} - c_{i1}^*)^2 + (x_{ij2} - c_{i2}^*)^2}. \quad (5.11)$$

В работе вводится понятие «дефекта проекции» как разницы величины критерия качества «свободной» кластеризации и кластеризации «с проекцией»  $\Delta = E_{1пр} - E_1$ .

На рисунке 5.18 представлена зависимость  $\Delta / E_1$  от  $k$ , полученная на основе многократных экспериментов для предприятий, расположенных на территории Приволжского федерального округа.

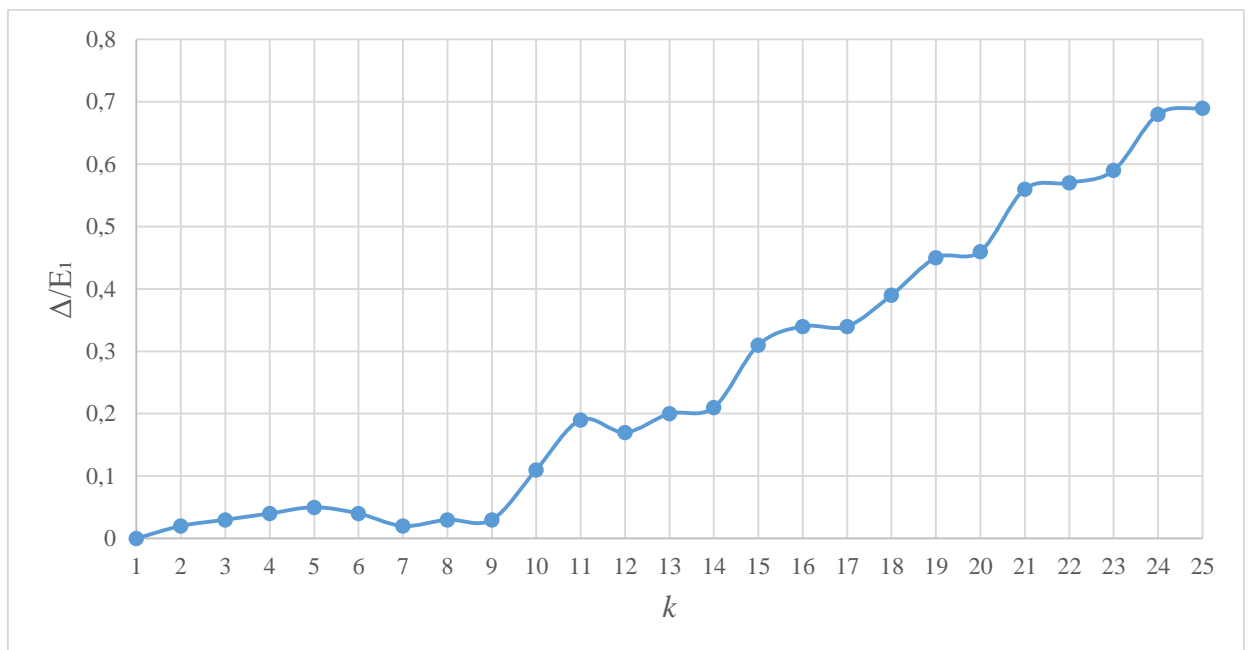


Рисунок 5.18 - Полученная зависимость  $\Delta / E_1$  от  $k$  для территории ПФО

При значительном увеличении числа КТ дефект проекции растёт. Отсюда следует, что, когда разница  $\Delta$  значительна (в проведенных экспериментах она достигала 30-40%), возможно, выгоднее создавать новые объекты терминально-логистической инфраструктуры, а не размещать КТ или КНРЦ на уже существующих.

Вышеприведенные зависимости дают возможность количественно оценить различные варианты при проектировании КТС.

#### 5.4 Математическая модель определения мест расположения контейнерных терминалов

##### 5.4.1 Математическая модель кластеризации при заранее заданной части множества контейнерных терминалов

На практике при проектировании сети КТ может быть так, что часть КТ уже функционирует. При этом КТ уже обслуживают ряд предприятий, т.е. к ним уже «привязаны» какие-то промышленные предприятия региона. Возникает проблема проектирования всей сети КТ при заданных  $k_0$  КТ. Очевидно, что методика построения сети меняется. Необходимо ввести новый критерий оптимизации и построить алгоритм, оптимизирующий введенный критерий при новых ограничениях.

Самый простой способ решения этой задачи следующий. Сначала вычленим, из всей совокупности производств и станций, существующие КТ и «привязанные» к ним производства. Тогда задача сводится к кластеризации оставшихся производств и определения новых КТ со своими кластерами производств. Очевидно, эта задача не отличается от рассмотренной. Но, в общем случае, более корректно считать заданными только местоположения



имеющихся КТ, а «привязанные» к ним производства включить в процедуру новой кластеризации.

Основой для данного случая может служить рассмотренный метод *k-means pro*, в котором изменяется способ построения «эталонов». Вместо получения  $k$  центров, определяемых на основе полученных кластеров на  $m$ -ой итерации,  $k_0$  центров всегда записываем постоянными. В остальном действия алгоритма сохраняются. Очевидно, что при больших  $k_0$ , приближающихся к  $k$ , т.е. когда почти все КТ заранее заданы, алгоритм может работать не эффективно и не находить локальный минимум. Другой способ – это использование Алгоритма 2, который, в отличие от метода *k-means pro*, сначала находит геометрические центры (метод *k-means*), а затем уже проектирует полученные центры на железнодорожные станции. В рассматриваемой задаче необходимо модифицировать операцию проецирования. А именно: если расстояние до заданного КТ-станции от полученного центра меньше всех других расстояний до станций, то, очевидно, выбирается этот заданный КТ-станция. Если это другая станция  $l$ , то анализируется суммарное расстояние от заданного КТ-станции до производств данного кластера и сравнивается с вариантом, когда КТ выбирается в станции  $l$ . Если разница незначительна  $D - D^l < \delta$ , то выбираем существующий КТ. Если разница существенная, то выделяем кластеры, расположенные рядом с существующим КТ, и для этого фрагмента решаем задачу кластеризации с заданным одним КТ.

#### 5.4.2 Математическая модель кластеризации, когда число кластеров не задано

Как было показано в главе 4, кластеризация по методу *k-means* предполагает задание числа кластеров  $k$  как исходного параметра. При

решении задачи определения оптимального расположения сети КТ можно не фиксировать  $k$ , а каким-то образом определить его значение.

С точки зрения внутренней валидации получаемого решения по кластеризации, можно применить упомянутый критерий Дэвиса-Болдина, но он не отвечает никакой количественной мере экономического характера. По сути дела, «хорошее» разбиение здесь трактуется как хороший «рисунок» разбиения.

В связи с этим, в работе были получены зависимости, отражающие целевое предназначение кластеризации с учетом оптимизации суммы общих затрат на перевозку и создание КТ:

$$E = \sum_{i=1}^n D_i \cdot V_i \cdot s + c \cdot k \cdot \gamma \rightarrow \min . \quad (5.12)$$

Так зависимости  $E$  от  $k$  при различных удельных значениях  $c$ , полученные при многократных решениях задачи оптимизации сети КТ на основе предложенных методов, представлены на рисунке 5.19.

Из графика видно, что оптимальный вариант при разных  $c$  будет выглядеть следующим образом [137]:

для $c=5$ млн. усл. ед. – 21 кластер;	для $c=20$ млн. усл. ед. – 11 кластеров;
для $c=10$ млн. усл. ед. – 16 кластеров;	для $c=25$ млн. усл. ед. – 9 кластеров;
для $c=15$ млн. усл. ед. – 16 кластеров;	для $c=30$ млн. усл. ед. – 9 кластеров.

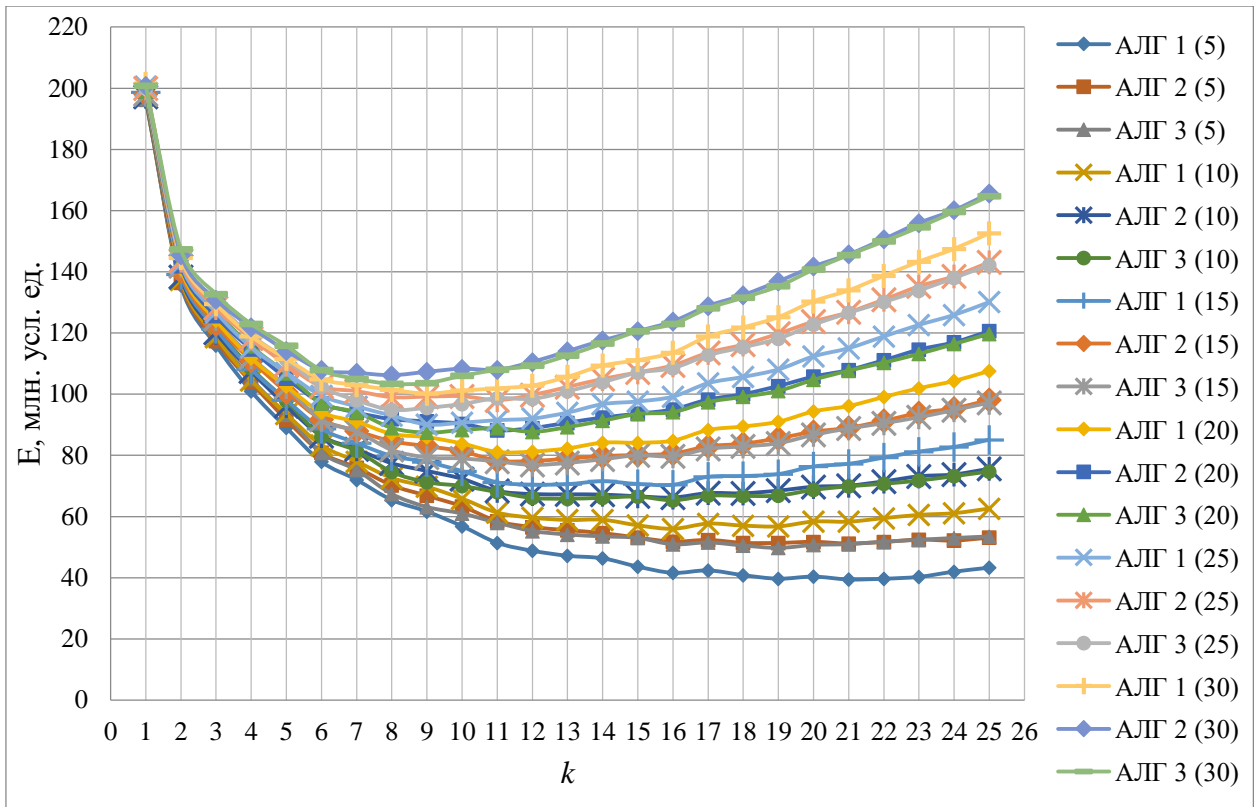


Рисунок 5.19 – Зависимости общих затрат  $E$  от  $k$  при различных удельных значениях  $c$

Проведем сравнение результатов работы алгоритма 1 (свободная кластеризация) при разных удельных значениях  $c$  (рис. 5.20).

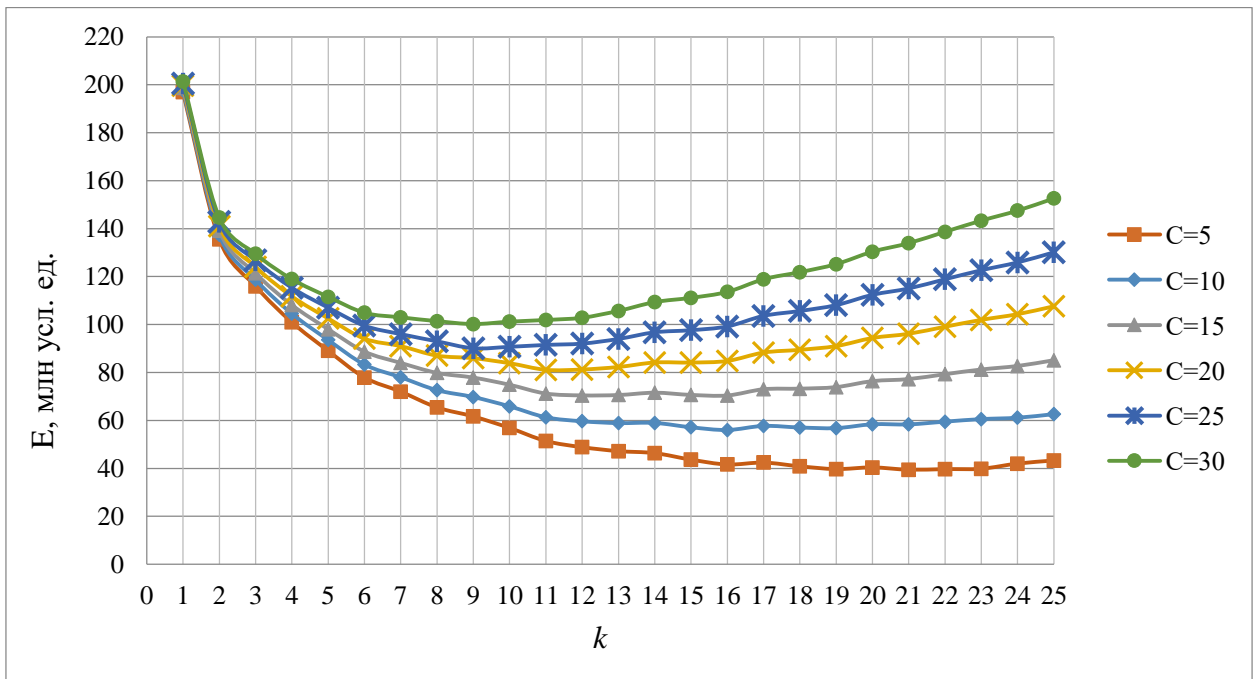


Рисунок 5.20 – Зависимости общих затрат  $E$  от  $k$  при различных удельных значениях  $c$  (алгоритм 1)

Результаты кластеризации разработанным методом «с проекцией» (алгоритм 3), представленные в виде графиков зависимостей общих затрат  $E$  от количества заданных  $k$  при различных удельных значениях  $c$ , приведены на рисунке 5.21.

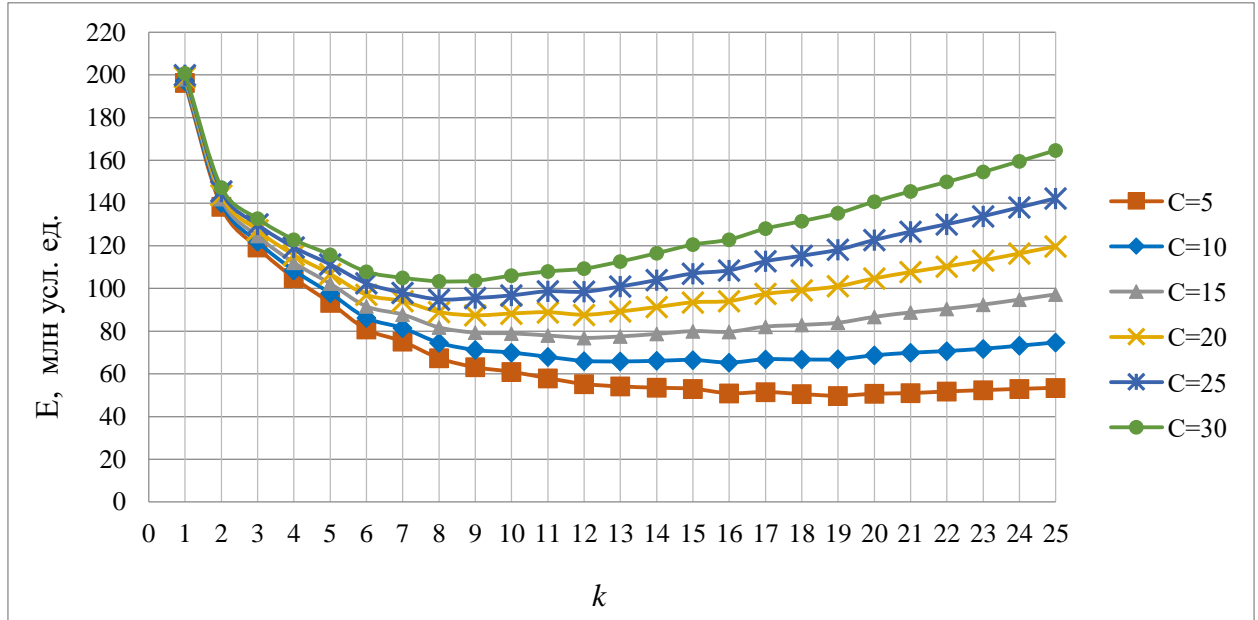


Рисунок 5.21 – Зависимости общих затрат  $E$  от  $k$  при различных удельных значениях  $c$  (алгоритм 3)

Оптимальный вариант при разных значениях  $c$  будет выглядеть следующим образом:

для  $c=5$  млн. усл. ед. – 19 кластеров;      для  $c=20$  млн. усл. ед. – 9 кластеров;  
 для  $c=10$  млн. усл. ед. – 16 кластеров;      для  $c=25$  млн. усл. ед. – 8 кластеров;  
 для  $c=15$  млн. усл. ед. – 12 кластеров;      для  $c=30$  млн. усл. ед. – 8 кластеров.

В предложенной экономико-математической модели оптимальное количество КТ зависит от величины  $c$ . Вместе с тем следует отметить, что она носит нормативный, т.е. ориентировочный, усредненный характер. Кроме того, эта величина является приведенной и увязывает затраты на доставку контейнеропригодной продукции на КТ ( $E_1$ ) и инвестиционные затраты ( $ck$ ). Это требует оценки срока окупаемости КТ. Отсюда следует, что оптимизация числа КТ должна проходить при тщательной оценке инвестиционных затрат.

## 5.5 Определение оптимальных мест расположения контейнерных накопительно-распределительных центров с использованием методов кластеризации

### 5.5.1 Математическая модель оптимизации мест расположения контейнерных накопительно-распределительных центров

Для оптимизации мест размещения КНРЦ с использованием методов кластеризации была разработана следующая математическая модель [136], [137].

Пусть заданы координаты и параметры железнодорожных станций (их номера  $l = 1, 2, \dots, L$ ) и уже найдены  $k$  номеров станций из  $L$ , в которых будут КТ. Необходимо найти  $K$  номеров станций, в которых будут располагаться КНРЦ.

На первом этапе будем считать, что кандидатами на размещение КНРЦ могут быть любые станции из общего списка. Представим эту задачу как задачу нахождения центров кластеров станций-КТ, обладающих некоторыми оптимальными свойствами.

На втором этапе введем в рассмотрение свойства точек-станций и дополнительные критерии оптимальности кластеризации. То есть точка-станция имеет  $q$  координат, которые определяют ее свойства по отношению к тому, насколько данная точка удовлетворяет целям создания в ней КНРЦ. Первые две координаты - это координаты местности в плоской системе координат  $(x, y)$ . Далее идут компоненты вектора координат, количественно измеряющие девять критериев создания КНРЦ, рассмотренных в главе 2 настоящего исследования.

Итак, в результате решения задачи кластеризации первого уровня определяются КТ. Каждая такая точка-КТ помимо координат характеризуется «весом», который определяется объёмом перерабатываемых контейнеров.

Далее находятся станции для КНРЦ как центры кластеров для точек-КТ, из условия что КНРЦ должны быть центрами некоторых кластеров. Разбиение на кластеры в этом случае должно быть таким, чтобы с учетом объемов КТ получались как можно более компактные в координатах  $(x, y)$  кластеры, а их центры как можно дальше были друг от друга. Таким образом, кластеризуемыми признаками являются лишь координаты  $(x, y)$ , а все остальные признаки будут дополнительными. С учетом объемов, как показано выше, это приводит к минимизации общих затрат на перевозку грузов от КТ до КНРЦ. Все остальные критерии  $(z_1, \dots, z_9)$  являются при кластеризации дополнительными и действуют как ограничения на выбор точек-КНРЦ [136], [137].

На уровне предварительного проектирования мест расположения КНРЦ возможно два варианта постановки задачи [136].

1. При имеющихся средствах  $A$  построить  $K = A/C$  КНРЦ в местах, оптимизирующих интегральный показатель эффективности, где  $C$  - средняя стоимость КНРЦ.

2. Построить оптимальное количество КНРЦ, оптимизирующих интегральный показатель эффективности с учетом затрат  $K \cdot C$  на создание сети КНРЦ.

Для учета всех свойств точек-станций необходимо обеспечить выполнение главного правила - чем большие значения имеют компоненты критериев  $(z_1, \dots, z_9)$  у точек-станций, тем более целесообразно выбирать центр-КНРЦ в этой точке-станции. Строго говоря, осуществление такого правила в общем случае противоречиво, поскольку точка может быть лучше по одному критерию и хуже по-другому. Если считать все компоненты  $z_1, \dots, z_9$  независимыми, то решением задачи оптимального выбора может быть лишь выделение из всех точек, кандидатов КНРЦ, множества Парето - множество безусловно несравнимых вариантов, оставшихся после отсеивания безусловно худших вариантов [44], [57], [166].

### 5.5.2 Многокритериальный подход к выбору мест расположения контейнерных накопительно-распределительных центров

Каждая точка-станция имеет  $q$  координат, которые определяют её свойства по отношению к тому, насколько эта точка удовлетворяет целям создания в ней КНРЦ. Первые две координаты - это координаты местности в плоской системе координат  $(x, y)$ . Далее идут компоненты вектора координат, количественно измеряющие 9 критериев создания КНРЦ. Каждая компонента должна быть выражена в условных единицах, сопоставимых с другими координатами. Для этого исходные данные о значениях критериев  $z_1, \dots, z_9$  необходимо преобразовать в безразмерные величины [136], [137]. Используем наиболее распространенный способ нормировки величин  $z$  в виде

$$z_{\text{норм}} = \frac{z - \bar{z}}{\sigma_z}, \quad (5.13)$$

где  $\bar{z}$  - среднее значение;

$\sigma_z$  - среднеквадратическое отклонение величин  $z$ .

Различные подоптимальные варианты расположения КНРЦ легко получаются при многократных повторениях процедуры кластеризации ввиду того, что если начальный эталон другой, то, как правило, получается другой вариант оптимального расположения КНРЦ, имеющий очень близкое значение критерия (суммарного объёма перевозок). Кроме этого другие станции-кандидаты для размещения КНРЦ можно получить, если выбрать некоторую окрестность центра кластера (найденного в результате процедуры кластеризации) радиуса  $R_c$ , в которую попадают близлежащие станции с номерами  $l_c = (1, 2, \dots, t)$ .

Для полученных таким образом станций составляется матрица критериев  $z_1, \dots, z_9$  и производится *многокритериальная векторная оптимизация* [44], [57], [166], включающая два этапа:

1. *Безусловная оптимизация.* При анализе критериального пространства отсеиваются безусловно худшие варианты расположения КНРЦ, и получается множество Парето.

2. *Условная оптимизация.* Так как множество Парето, как правило, состоит из более чем одного варианта расположения КНРЦ, то для получения единственного условно оптимального варианта применяются дополнительные принципы оптимальности (условия согласования критериев) [45].

Для реализации первого этапа надо уметь находить Парето-оптимальные точки в многомерном массиве данных о 9 критериях для нескольких станций-кандидатов с близкими значениями оптимальных затрат.

В работе представлены реальные варианты, полученные после кластеризации в виде отдельных железнодорожных станций.

Для реализации первого этапа многокритериальной оптимизации - определения Парето оптимальных вариантов расположения КНРЦ, применяется метод прямоугольников [45]. Он используется в тех случаях, когда критериальное пространство представляет собой отдельные точки или табличные значения.

Ниже приведён алгоритм для случая двух критериев, когда  $z_1 \rightarrow \max$  и  $z_2 \rightarrow \max$ , а критериальное пространство - точки на плоскости (рис. 5.22).

1) Фиксируем самые правые точки. Если их несколько, выбираем среди них самую верхнюю. Эта точка является точкой Парето, фиксируем её.

2) Выберем самую верхнюю точку. Если их несколько, то выбираем самую правую. Это точка Парето, фиксируем её.

3) Через полученные точки проводим вертикаль и горизонталь. Отбрасываем сами точки Парето, точки, лежащие на границе полученного прямоугольника, и точки вне прямоугольника.



4) К внутренним точкам полученного прямоугольника применяем алгоритм из пункта 1.

Алгоритм заканчивается тогда, когда внутри прямоугольника не останется ни одной точки.

Множество Парето: 7, 10, 11, 14, 16, 18.

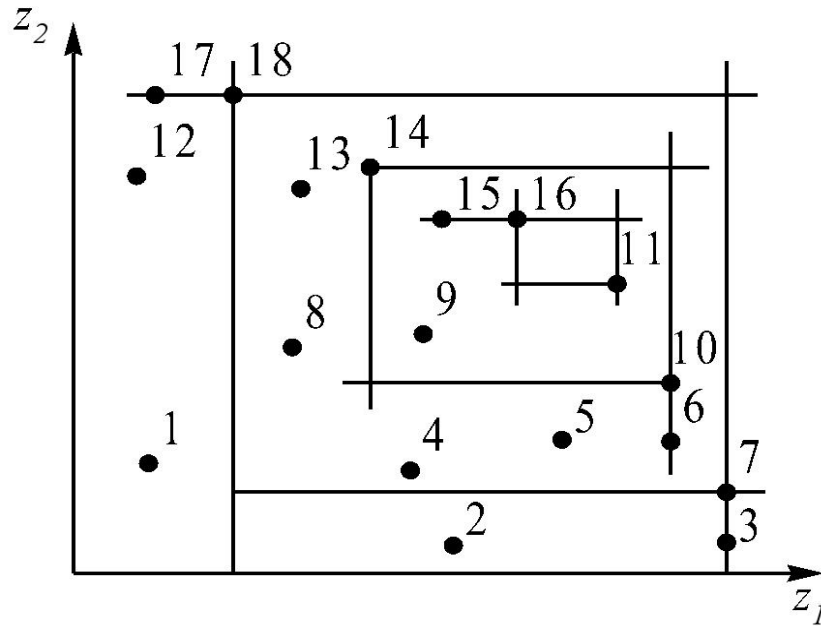


Рисунок 5.22 - Иллюстрация метода прямоугольников

Представленный алгоритм возможно применять в случае большего числа критериев, а также табличного задания критериев [45].

На основе вышеприведенного алгоритма прямоугольников была разработана компьютерная программа, позволяющая находить Парето-оптимальные варианты для любого количества критериев, заданных таблично. Используем этот метод для получения Парето-оптимальных вариантов расположения КНРЦ.

Для реализации второго этапа и проведения условной оптимизации предполагается введение условия согласованности в компонентах критерия, которое всегда является, хотя и разумным, но субъективным. Данные условия называют схемой компромиссов. Наиболее известны и распространены следующие методы условной оптимизации: принцип равенства критериев,

принцип равного влияния, принцип минимакса, метод скаляризации, метод главного критерия, метод последовательных уступок, метод последовательной оптимизации [44], [45], [57], [166].

В диссертационном исследовании все 9 критериев для выбора мест размещения КНРЦ заданы в баллах, поэтому для получения единственного варианта можно, в принципе, применить любой из вышеперечисленных методов.

Алгоритм методики многокритериального выбора сети КНРЦ представлен на рисунке 5.23.

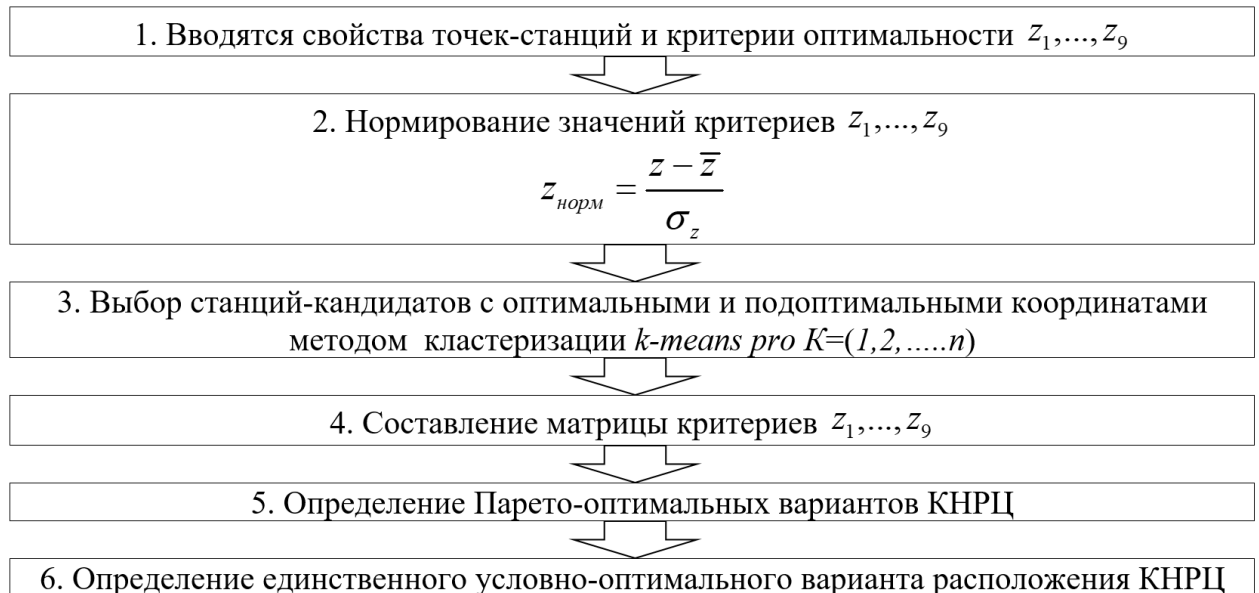


Рисунок 5.23 - Алгоритм методики многокритериального выбора КНРЦ

Рассмотрим практический пример размещения двух КНРЦ на основе процедуры кластеризации 14 КТ на данных станциях железнодорожной сети ПФО. В качестве оптимального варианта были получены станции - кандидаты для размещения КНРЦ: Алатырь (Горьковской ж.-д.) и Дёма (Куйбышевской ж.-д.). Рассмотрение векторов параметров данных станций  $Z_A$  и  $Z_D$  показывает лучшие критериальные значения станции Дёма и худшие критериальные значения для станции Алатырь. Поэтому проведем многокритериальный анализ других подоптимальных вариантов КНРЦ, дающих близкие к

оптимальному значению общих затрат (полученных для станции Алатырь).  
Ниже показан список таких станций, найденных в радиусе  $R_c$ , и соответствующие им вектора параметров:

1. Рузаевка	( 0 2 0 3 1 0 1 0 0 )	( 5 2 )
2. Красный узел	( 0 2 0 2 0 0 0 0 0 )	( 4 0 )
3. Шахунья	( 1 1 0 3 0 0 1 0 0 )	( 5 1 )
4. Сергач	( 1 4 0 2 0 0 1 0 0 )	( 7 1 )
5. Нуя	( 0 2 0 2 0 0 1 0 0 )	( 4 1 )
6. Чебоксары	( 1 1 0 3 0 0 1 1 0 )	( 5 2 )
7. Чуфарово	( 0 4 0 0 0 0 0 0 0 )	( 4 0 )

Не в ущерб общности, а исключительно для наглядности, заменим указанные вектора с 9 параметрами векторами с 2 компонентами  $Z_1 = z_1 + z_2 + z_3 + z_4$  и  $Z_2 = z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9$  (выше показано в колонке справа). Тогда в пространстве критериев  $Z_1$ ,  $Z_2$  варианты располагаются в виде точек плоскости, представленных на рисунке 5.24.

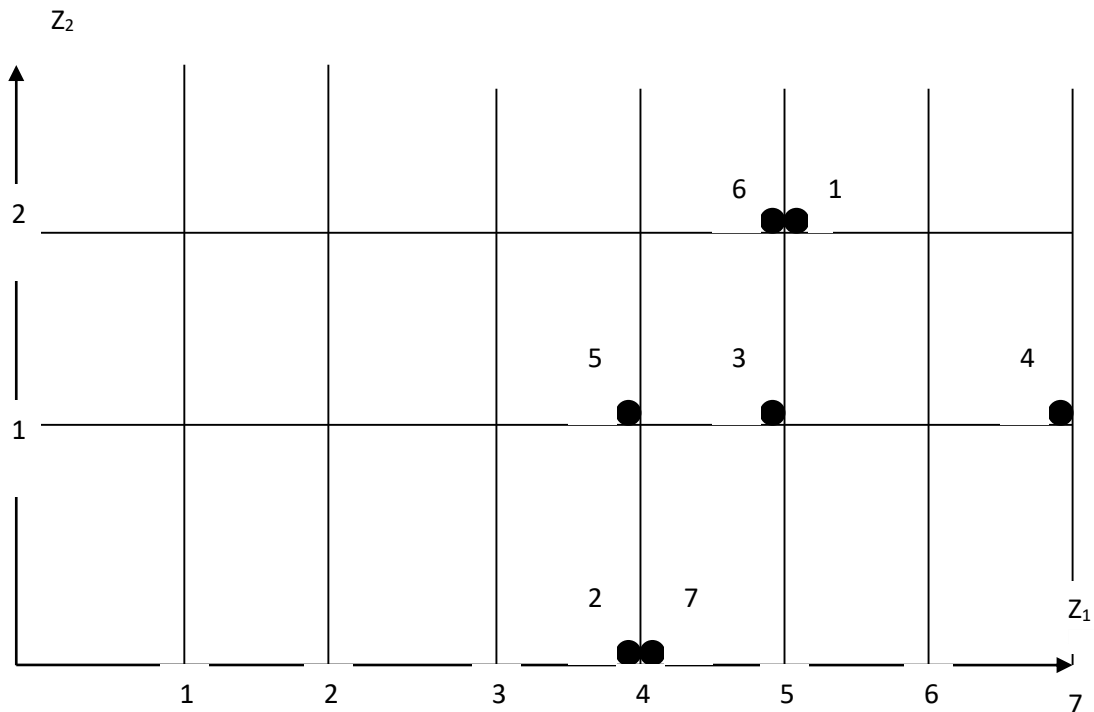


Рисунок 5.24 - Многокритериальный выбор вариантов КНРЦ на примере  
ПФО

Парето анализ этих точек показывает, что варианты 2,3,5,7 можно отбросить как безусловно невыгодные, а варианты 1,4,6 являются Парето-оптимальными. Далее если для выбора единственного варианта применить условный критерий суммы баллов с равными весами, то лучшим является вариант 4, у которого сумма баллов равна 8. Таким образом, при рассмотрении оптимальных вариантов размещения КНРЦ вместо изначального варианта на станции Алатырь, наиболее целесообразно создавать КНРЦ на станции Сергач. При этом критерий суммарного объема перевозок для этого примера ухудшается менее, чем на 0,3 %.

### 5.5.3 Получение сети КНРЦ как единый процесс кластеризации с учетом дополнительных критериев станций - кандидатов

Для упрощения задачи многокритериального выбора мест расположения КНРЦ и получения единственного решения можно сразу использовать в процедуре кластеризации свертку критериев в виде некоторой функции критериев  $(z_1, \dots, z_9)$ . Целесообразно ввести в рассмотрение интегральный «вес»  $l$ -ой точки в виде суммы

$$V_l = \sum_{i=1}^9 \beta_i z_i^l, \quad (5.14)$$

где  $\beta_i$  – коэффициенты важности  $i$ -го критерия ( $0 < \beta_i < 1$ ).

Итак, если величины  $V_l$  получены, то задачи оптимального выбора с заданным количеством КНРЦ и с оптимальным количеством КНРЦ решаются как задачи кластеризации точек-КТ с получением центров кластеров с проекцией на точки-станции. В таком алгоритме на каждой итерации определяются центры кластеров, которые проектируются на ближайшую

точку-станцию. Здесь возможны различные варианты определения ближайшей станции [44], [45], [57], [166]:

а) ближайшая по расстоянию: выбирается такая точка  $r$  из всех  $l$ , для которой

$$r = \arg \min_l \sqrt{(x_l - x_c^k)^2 + (y_l - y_c^k)^2}, \quad (5.15)$$

где  $x_l, y_l$  – координаты  $l$ -ой станции;

$x_c^k, y_c^k$  – координаты центра  $k$ -го кластера.

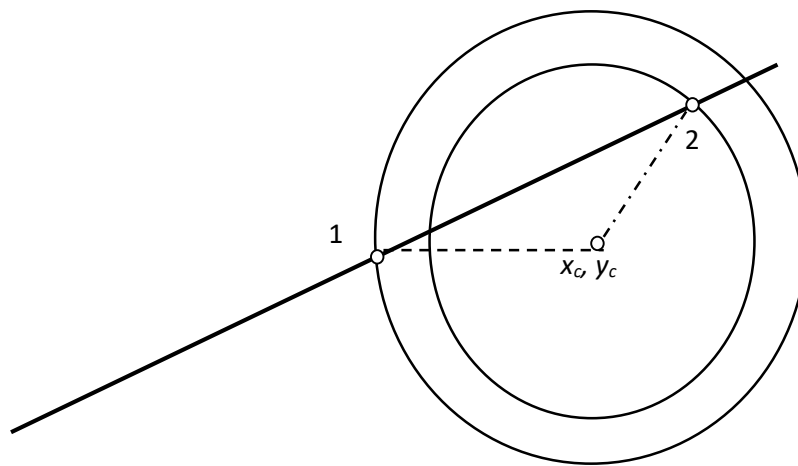


Рисунок 5.25 – Выбор «ближайшей» станции

б) ближайшая по главному критерию: выбирается точка  $r$  из всех  $l$ , для которой кроме ближайшего расстояния выполняется некоторое главное условие. Например:  $z_l=1$  наличие международного транспортного коридора,  $z_l=0$  – его отсутствие.

$$r = \arg \min_l \sqrt{(x_l - x_c^k)^2 + (y_l - y_c^k)^2} \cap (z_l(l) = 1). \quad (5.16)$$

в) ближайшая с учетом веса точки: выбирается точка  $r$  из всех  $l$ , для которой

$$r = \arg \min_l \left( \frac{\sqrt{(x_l - x_c^k)^2 + (y_l - y_c^k)^2}}{V_l} \right). \quad (5.17)$$

Заметим, что рассмотренные меры близости предполагают близость по евклидову расстоянию между центром и станцией. Это обеспечивает минимизацию общих затрат на перевозку грузов от КТ до КНРЦ.

Как показывают реальные эксперименты, при выборе одной из ближайших станций такие затраты отличаются незначительно, поэтому более целесообразно применять критерий проекции, слабо зависящий от расстояния  $d_{lc}$  и более чувствительный к  $k$  критериям  $z_1, \dots, z_9$ .

Алгоритм определения сети КНРЦ как единого процесса кластеризации с учетом дополнительных критериев станций - кандидатов представлен на рисунке 5.26.

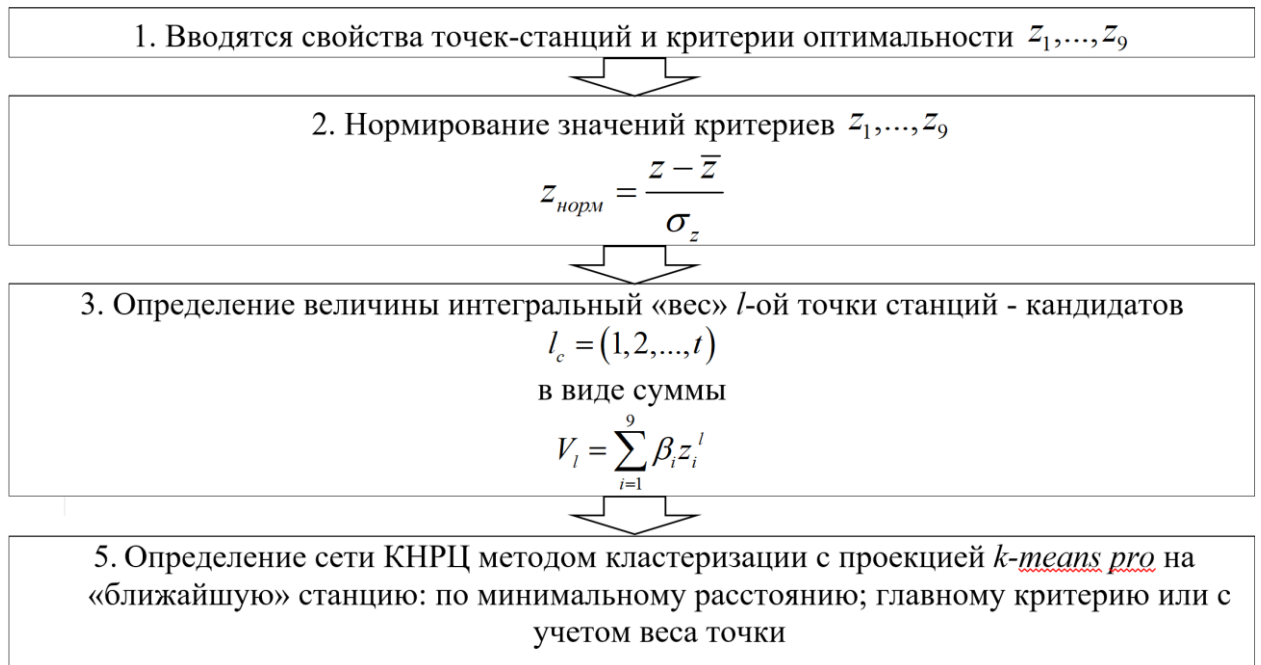


Рисунок 5.26 - Алгоритм определения сети КНРЦ как единого процесса кластеризации с учетом дополнительных критериев станций

## 5.6 Задача определения оптимального количества и мест размещения контейнерных накопительно-распределительных центров как структуры второго уровня контейнерно-транспортной системы

Как показано в предыдущих разделах, задача оптимального выбора мест расположения КНРЦ может быть решена на основе алгоритма кластеризации с проекцией, где исходными точками являются уже полученные точки-КТ [150].

Это позволяет для этой задачи использовать уже разработанные алгоритмы и программные средства. Для демонстрации выбора количества КНРЦ и мест их расположения возьмем за основу проект оптимального расположения КТ для  $k=42$ . На рисунке 5.27 показана сеть КТ на карте ПФО, а в таблице 5.2 приведены результаты расчета по проекту.

Сначала решим задачу оптимального размещения сети КНРЦ по критерию минимизации затрат на перевозку всех объёмов перерабатываемой продукции от КТ до КНРЦ для некоторых значений числа кластеров  $K$  (количества КНРЦ) [150]. Исходные данные возьмем из проекта  $k=42$ . На рисунках 5.28 - 5.31 представлены результаты расположения КНРЦ на карте, а результаты расчетов представлены в таблицах 5.3 - 5.6 для  $K=1, 2, 3, 4$ . По осям указаны плоские координаты.

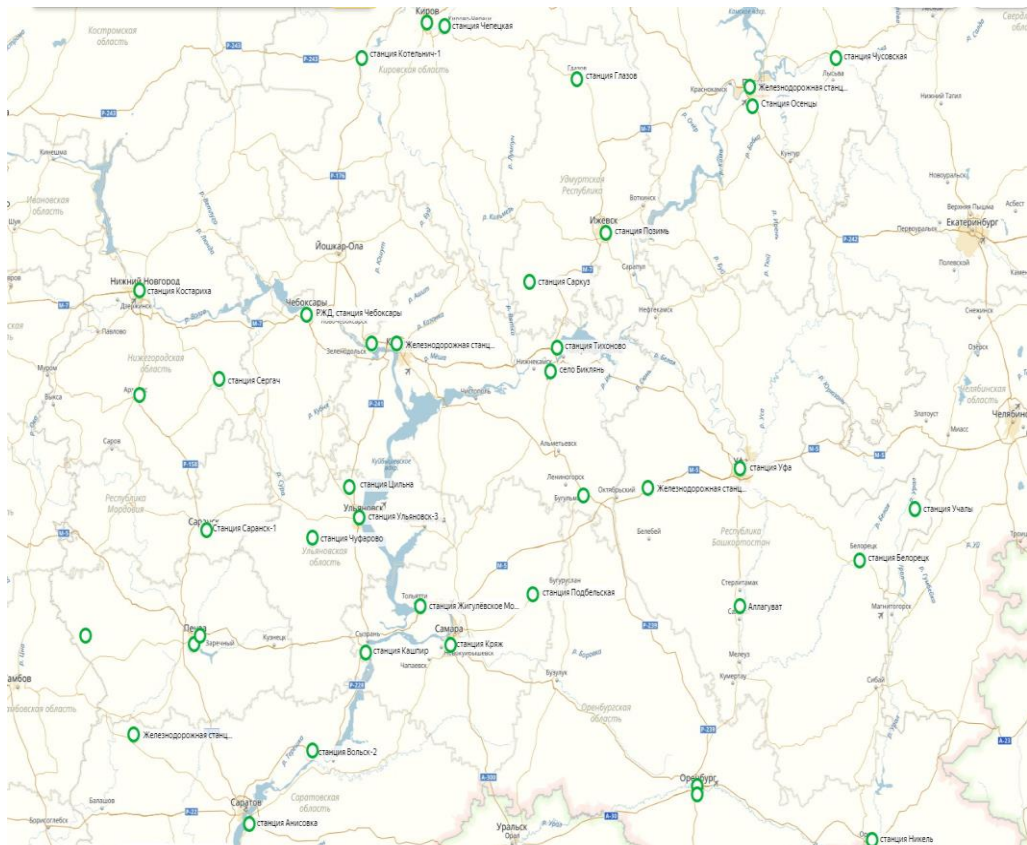
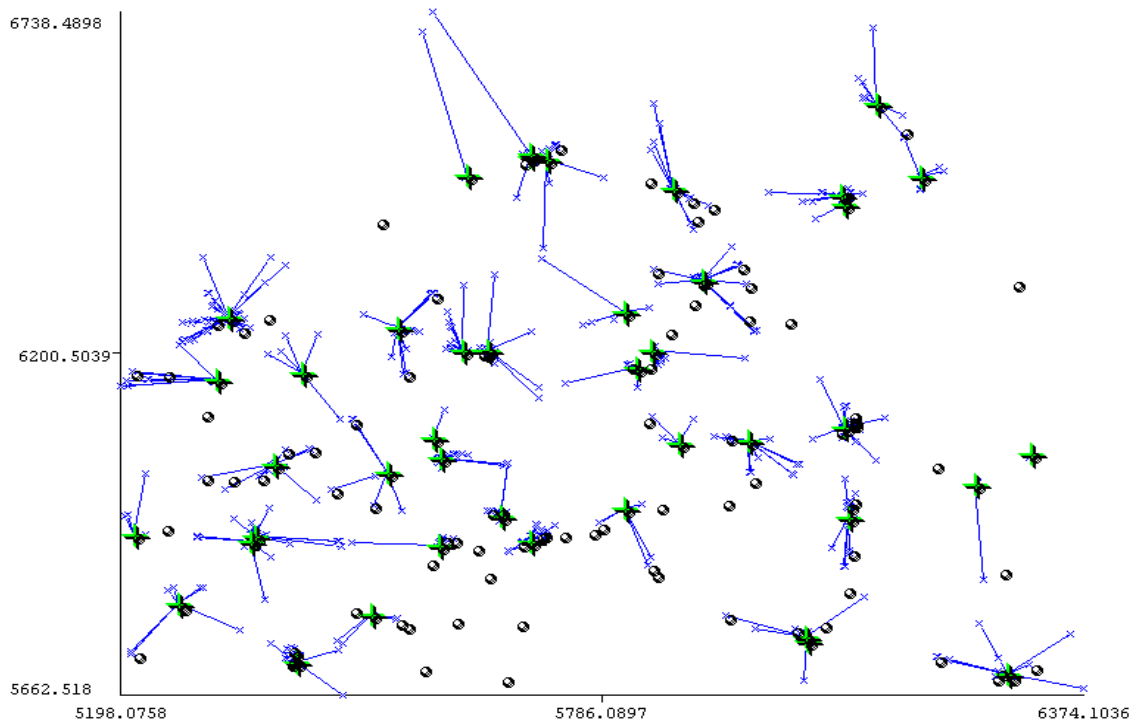


Рисунок 5.27 – Вариант сети КТ на карте ПФО, полученный в результате экспериментальных расчетов



Таблица 5.2 – Таблица результатов оптимальной сети 42 КТ ПФО

Количество кластеров:								42		
Общий объём перерабатываемой продукции (тыс.т):								565371,6046		
Среднее расстояние между кластерами (км):								499,2481197		
Среднее расстояние от предприятий до центров кластеров (км):								25,05278427		
Суммарное расстояние от предприятий до центров кластеров (км):								22547,50584		
Грузооборот между клиентами и КП (тыс.т · км):								10096545,25		
№	Название станции (центра)	х центра кластера	у центра кластера	Кол-во предприятий, входящих в кластер	№ предприятий, входящих в кластер	Объём переработки кластера (тыс.т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от предприятий до центра кластера (км)	Суммарное расстояние от предприятий до центра кластера (км)	
1	Биклянь	5828.64	6177.87	8	168, 169, 170, 171, 203, 207, 221, 222	4590,54	0.81%	32,02	256,14	
2	Чепецкая	5718.44	6505.27	25	396, 397, 400, 401, 402, 410, 411, 414, 415, 416, 417, 418, 420, 425, 426, 428, 430, 434, 435, 437, 442, 448, 449, 451, 454	13593,1	2.4%	17,53	438,34	
3	Зеленый дол	5616.21	6205.72	22	88, 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 102, 106, 110, 111, 117, 118, 156, 197, 198, 199, 200, 220, 225, 319	12794,8	2.26%	20,55	452,06	
4	Анисовка	5413.56	5713.13	52	793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817z, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 834, 835, 836, 841, 842, 843, 844, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856	56182,2	9.94%	17,7	920,44	
5	Меновой двор	6037.25	5747.49	1	626	1674,34	0.3%	63,79	63,79	
6	Белорецк	6241.75	5992.9	4	10, 12, 66, 67	896,235	0.16%	41,8	167,2	
7	Никель	6280.63	5695.26	41	57, 567, 568, 569, 571, 573, 574, 575, 576, 578, 579, 580, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 598, 599, 600, 601, 604, 605, 609, 610, 611, 612, 617, 618, 619, 624, 628, 631, 633, 636, 637, 639, 641	37052,9	6.55%	27,92	1144,72	
8	Пенза	5363.39	5912.85	50	645, 647, 648, 652, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 667, 668, 671, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 682, 683, 685, 687, 688, 689, 691, 692, 695, 696, 697, 698, 701, 702, 703, 704, 705, 707, 708, 710, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719	13071,3	2.31%	23,09	1154,27	

Продолжение таблицы 5.2

9	Чебоксары	5537.06	6239.27	49	95, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 316, 317, 318, 320, 321, 322, 323, 324	14186,4	2.51%	30,74	1506,18
10	Хутор	5214.27	5914.79	4	149, 665, 666, 681	2907,94	0.51%	43,59	174,36
11	Ульяновск III	5589.09	6034.48	36	857, 858, 859, 860, 861, 862, 864, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 892, 894, 899, 900	23313,7	4.12%	13,01	468,46
12	Бугульма	5880.98	6058.94	7	152, 153, 155, 201, 202, 210, 215	24859,2	4.4%	32,13	224,88
13	Кряж	5698.37	5903.47	48	356, 720, 721, 722, 723, 724, 727, 731, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 740, 741, 744, 747, 748, 750, 751, 752, 756, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 766, 769, 770, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 780, 781, 782, 784, 785, 786, 788, 789, 790, 791	22754,6	4.02%	15,72	754,73
14	Восстание	5646.12	6205.41	36	93, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 204, 206, 209, 212, 214, 216, 217, 218, 219, 223, 224	15738,6	2.78%	17,96	646,55
15	Костариха	5330.64	6257.61	89	456, 457, 458, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 478, 479, 481, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 498, 499, 502, 503, 504, 505, 506, 508, 509, 510, 511, 512, 514, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 559, 560, 561, 562	75039,9	13.27%	27,74	2469,3
16	Котельнич I	5621.32	6479.92	2	413, 424	1116,36	0.2%	118,42	236,83
17	Цильна	5580.49	6066.89	2	205, 865	238,242	0.04%	23,17	46,34
18	Вольск 2	5504.33	5788.47	8	792, 827, 829, 830, 832, 839, 840, 845	4926,27	0.87%	26,98	215,85
19	Кандры	5964.19	6062.49	18	7, 11, 14, 15, 43, 44, 45, 49, 50, 51, 55, 56, 61, 64, 83, 84, 85, 208	2755,34	0.49%	48,44	871,97
20	Саранск	5386.44	6024.36	33	119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 151, 693, 706	11450,1	2.03%	22,2	732,58
21	Саркуз	5814.32	6266.25	5	226, 279, 281, 398, 436	454,747	0.08%	55,63	278,13
22	Глазов	5873.69	6460.34	20	227, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 276, 277, 278, 280, 282, 283, 399, 405, 406, 412	3930,56	0.7%	32,88	657,69
23	Пермь-сортир	6077.61	6449.43	29	325, 326, 327, 328, 329, 330, 333, 334, 337, 342, 343, 347, 349, 354, 355, 357, 358, 362, 364, 365, 367, 368, 369, 372, 374, 376, 377, 378, 379	19471,4	3.44%	15,98	463,33

Окончание таблицы 5.2

24	Подбельская	5814.47	5956.61	6	582, 607, 616, 728, 729, 754	11395,1	2.02%	62,13	372,79
25	Арзамас II	5315.93	6158.55	15	459, 475, 476, 480, 496, 497, 507, 513, 515, 556, 557, 558, 563, 564, 565	13621,1	2.41%	59,29	889,33
26	Кашпир	5586.56	5896.87	8	700, 726, 739, 742, 743, 746, 757, 765	8577,06	1.52%	22,05	176,38
27	Киров	5699.25	6509.8	13	385, 389, 390, 393, 394, 395, 423, 431, 433, 439, 447, 450, 452	2616,6	0.46%	9,42	122,51
28	Оренбург	6036.04	5753.93	34	566, 570, 572, 577, 581, 583, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 602, 603, 606, 608, 613, 614, 615, 620, 621, 622, 623, 625, 627, 629, 630, 632, 634, 635, 638, 640, 642, 643	22240,2	3.93%	11,07	376,44
29	Аллагуват	6086.64	5941.9	27	5, 6, 9, 13, 17, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 36, 37, 39, 40, 41, 46, 47, 48, 54, 69, 77, 78, 79, 80, 86, 445	19309,6	3.42%	32,84	886,62
30	Чуфарово	5524.95	6011.83	8	313, 314, 315, 863, 895, 896, 897, 898	5240,77	0.93%	61,34	490,69
31	Жигулевское море	5663.38	5943.02	17	725, 730, 732, 745, 749, 753, 755, 758, 767, 768, 771, 778, 779, 783, 787, 891, 893	17604,7	3.11%	18,62	316,58
32	Учалы	6310.28	6042.12	2	16, 53	2746,73	0.49%	6,87	13,73
33	Кривозеровка	5357.03	5903.93	17	644, 646, 649, 651, 653, 654, 669, 670, 672, 686, 690, 694, 699, 709, 711, 712, 831	3510,23	0.62%	22,4	380,85
34	Киров-Котласский	5698.91	6512.9	27	382, 383, 384, 386, 387, 388, 391, 392, 403, 404, 407, 408, 409, 419, 421, 422, 427, 429, 432, 438, 440, 441, 443, 444, 446, 453, 455	8760,73	1.55%	11,72	316,32
35	Тихоново	5846.4	6204.01	15	154, 167, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 211, 213	11464,5	2.03%	23,36	350,35
36	Сергач	5420.83	6169.84	7	148, 477, 482, 483, 484, 500, 501	2349,15	0.42%	52,63	368,41
37	Позимь	5908.47	6314.93	48	8, 42, 81, 82, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 284, 285, 286, 287, 352	20307,6	3.59%	28,63	1374,15
38	Уфа	6082.44	6084.16	33	1, 2, 3, 4, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 52, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 87	28171,3	4.98%	18,81	620,68
39	Осенцы	6081.18	6434.85	11	332, 335, 338, 339, 340, 341, 353, 363, 371, 373, 375	10962	1.94%	9,08	99,86
40	Чусовская	6176.2	6477.79	6	331, 346, 348, 350, 361, 380	2738,48	0.48%	27,08	162,49
41	Ртищево I	5268.9	5806.32	8	650, 679, 680, 684, 828, 833, 837, 838	4889,03	0.86%	62,47	499,73
42	Березники	6120.98	6593.92	9	336, 344, 345, 351, 359, 360, 366, 370, 381	5868,21	1.04%	42,82	385,41

$K=1$  (1КНРЦ)

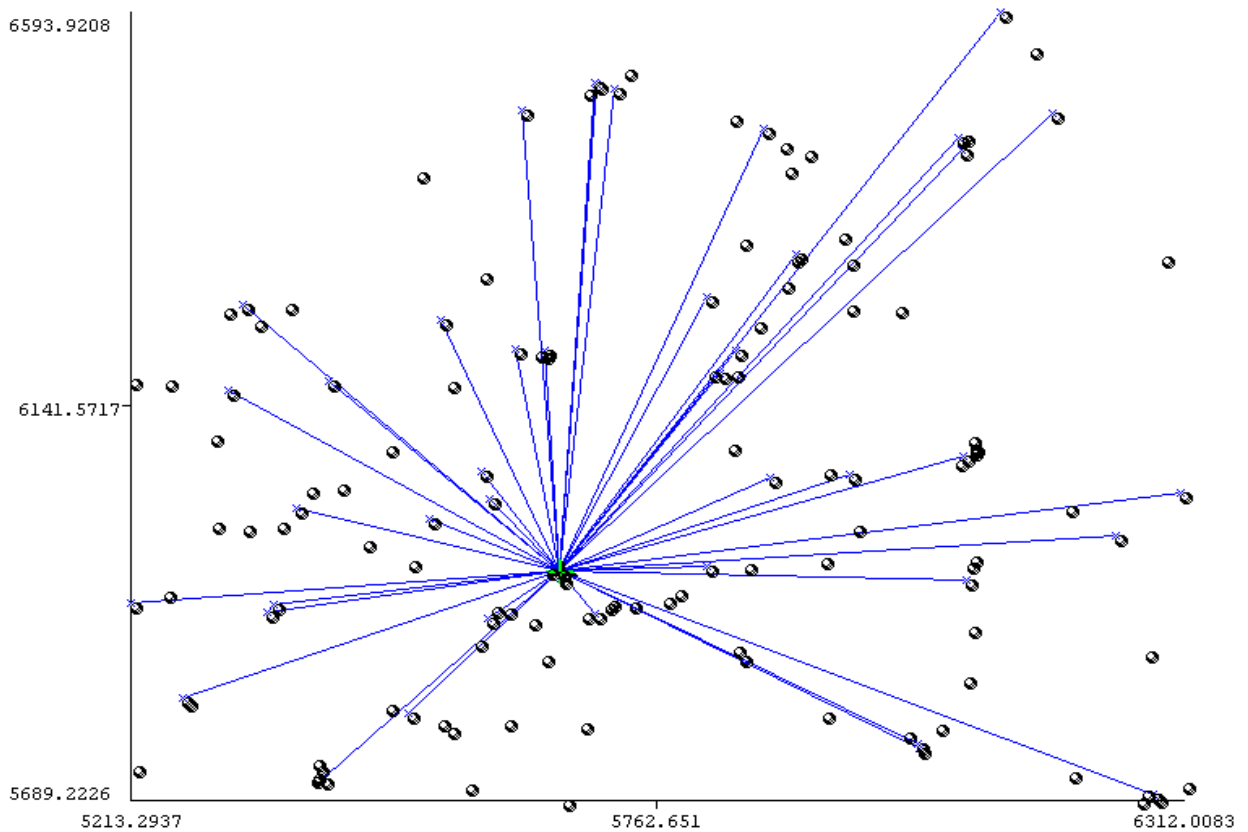


Рисунок 5.28 - Расположение 1-го КНРЦ на карте

Таблица 5.3- Результаты расчетов для  $K=1$

		Количество КНРЦ:				1				
		Общий объем перерабатываемой продукции (тыс.т):				565371,6046				
		Среднее расстояние между КНРЦ (км):				0				
		Среднее расстояние от КП до КНРЦ:				385,8903434				
		Суммарное расстояние от КП до КНРЦ:				16207,39442				
		Грузооборот между КП и КНРЦ (тыс.т · км):				213271273,2				
№	Название станции	х центра кластера	у центра кластера	Кол-во КП, входящих в кластер	№ КП, входящих в кластер	Объем переработки кластера (тыс.т)	% от общего объема	Среднее расстояние от КП до центра КНРЦ (км)	Суммарное расстояние от КП до КНРЦ (км)	
1	Химзаводская	5661.43	5951.07	42	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42	565371,6046	100.0 %	385,89	16207,39	

$K=2$  (2КНРЦ)

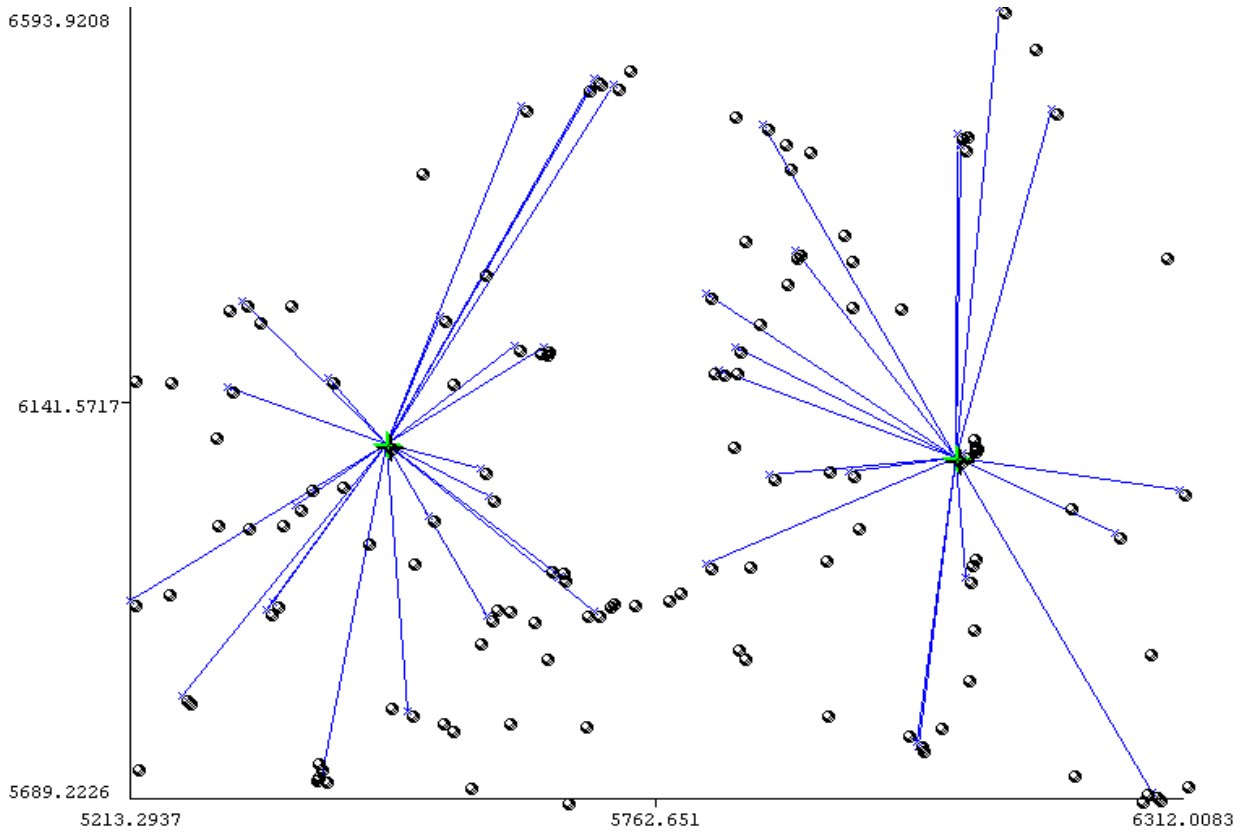


Рисунок 5.29 - Расположение 2-х КНРЦ на карте

Таблица 5.4- Результаты расчетов для  $K=2$

Количество КНРЦ:						2			
Общий объём перерабатываемой продукции (тыс.т):						565371,6046			
Среднее расстояние между КНРЦ (км):						594,020796			
Среднее расстояние от КП до КНРЦ:						270,0729566			
Суммарное расстояние от КП до КНРЦ:						11343,06418			
Грузооборот между КП и КНРЦ (тыс.т · км):						149471241,3			
№	Название станции	х центра кластера	у центра кластера	Кол-во КП, входящих в кластер	№ КП, входящих в кластер	Объём переработки кластера (тыс.т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от КП до КНРЦ (км)	Суммарное расстояние от КП до КНРЦ (км)
1	Дема	6075.54	6078.38	19	1, 5, 6, 7, 12, 19, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 32, 35, 37, 38, 39, 40, 42	230888,9348	40.84%	288,89	5488,85
2	Алатырь	5481.74	6094.35	23	2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 25, 26, 27, 30, 31, 33, 34, 36, 41	334482,6698	59.16%	254,53	5854,21

## K=3 (3КНРЦ)

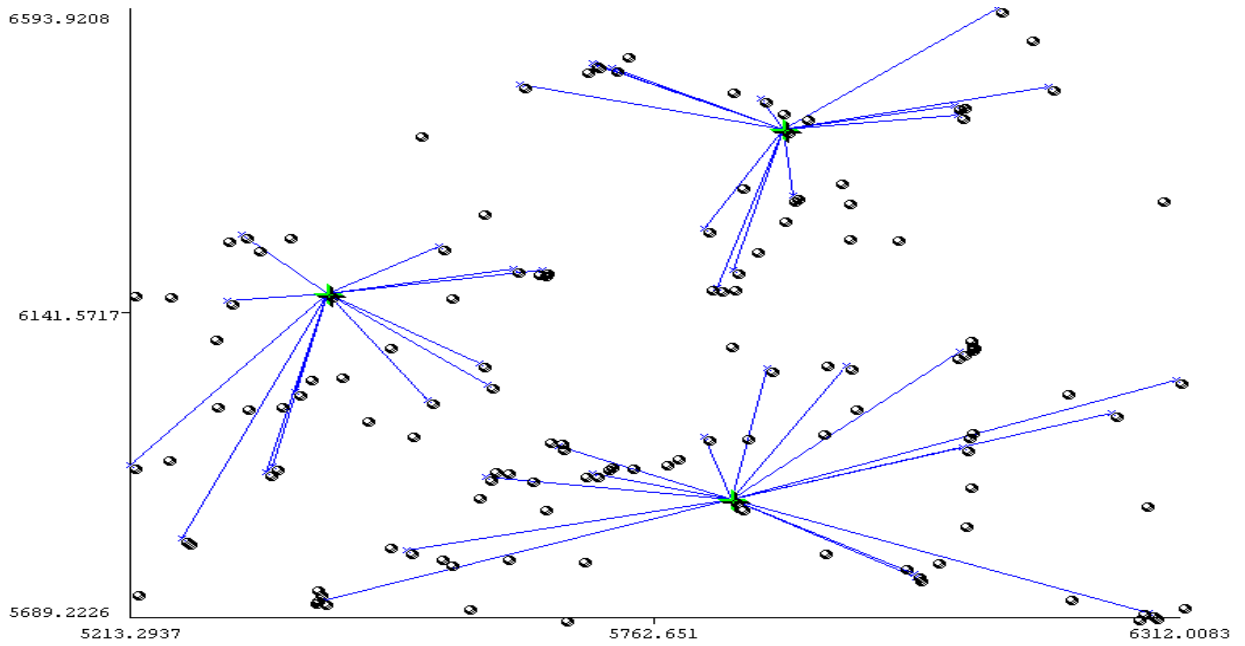


Рисунок 5.30 - Расположение 3-х КНРЦ на карте

Таблица 5.5 - Результаты расчетов для K= 3

Количество КНРЦ:					3				
Общий объем перерабатываемой продукции (тыс.т):					565371,6046				
Среднее расстояние между КНРЦ (км):					537,4168429				
Среднее расстояние от КП до КНРЦ:					233,3417068				
Суммарное расстояние от КП до КНРЦ:					9800,351684				
Грузооборот между КП и КНРЦ (тыс.т · км):					135142408,8				
№	Название станции	х центра кластера	у центра кластера	Кол-во КП, входящих в кластер	№ КП, входящих в кластер	Объем переработки кластера (тыс.т)	% от общего объема	Среднее расстояние от КП до КНРЦ (км)	Суммарное расстояние от КП до КНРЦ (км)
1	Сергач	5420.83	6169.84	14	3, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 20, 25, 30, 33, 36, 41	198351,1201	35.08%	199,79	2797,09
2	Люк	5898.66	6414.61	13	1, 2, 16, 21, 22, 23, 27, 34, 35, 37, 39, 40, 42	105874,7935	18.73%	204,1	2653,24
3	Бузулук	5844.27	5864.16	15	4, 5, 6, 7, 12, 13, 18, 19, 24, 26, 28, 29, 31, 32, 38	261145,6911	46.19%	290	4350,02

## K=4 (4КНРЦ)

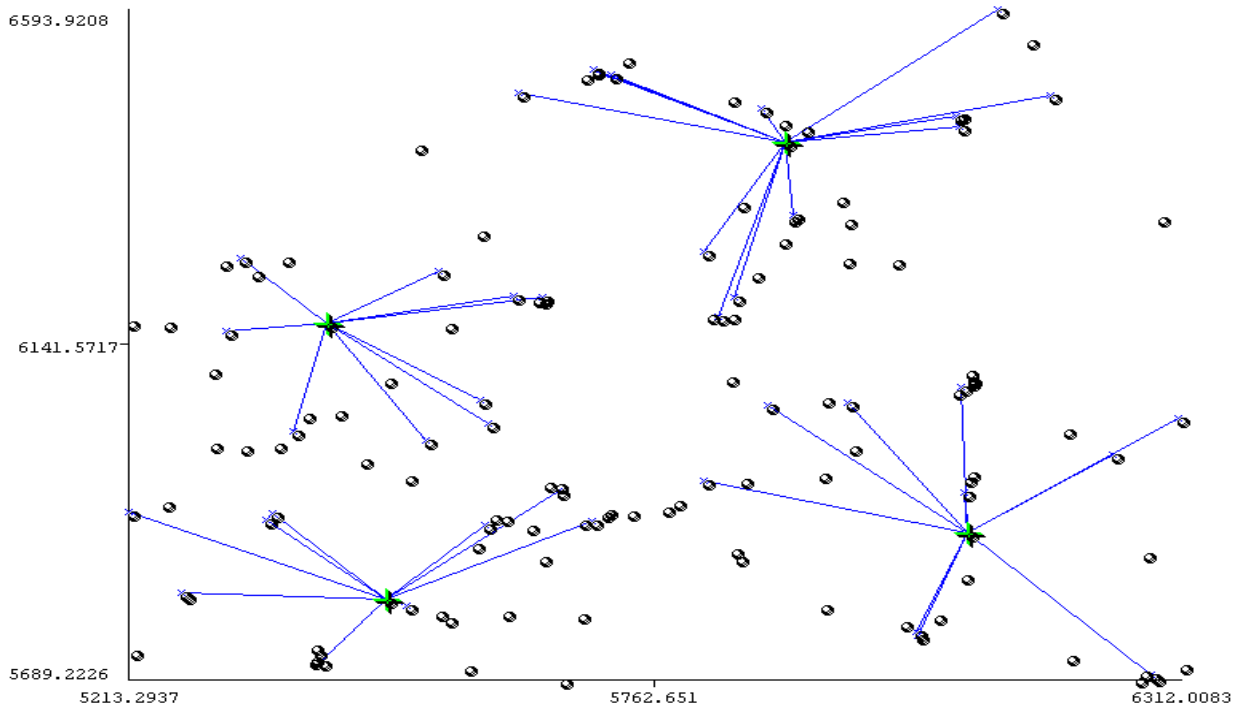


Рисунок 5.31 - Расположение 4-х КНРЦ на карте

Таблица 5.6 - Результаты расчетов для K= 4

		Количество кластеров:				4				
		Общий объем перерабатываемой продукции (тыс.т):				565371,6046				
		Среднее расстояние между кластерами (км):				593,4614556				
		Среднее расстояние от предприятий до центров кластеров:				186,199009				
		Суммарное расстояние от предприятий до центров кластеров:				7820,358377				
		Грузооборот между КП и КНРЦ (тыс.т · км):				99469857,91				
№	Название станции	х центра кластера	у центра кластера	Кол-во КП, входящих в кластер	№ КП, входящих в кластер	Объем переработки кластера (тыс.т)	% от общего объема	Среднее расстояние от КП до КНРЦ (км)	Суммарное расстояние от КП до КНРЦ (км)	
1	Мелеуз	6088.72	5886.31	10	5, 6, 7, 12, 19, 24, 28, 29, 32, 38	151100,909 1	26.73%	204,12	2041,22	
2	Сенная	5482.0	5796.61	9	4, 8, 10, 13, 18, 26, 31, 33, 41	134423,321 4	23.78%	176,42	1587,77	
3	Люк	5898.66	6414.61	13	1, 2, 16, 21, 22, 23, 27, 34, 35, 37, 39, 40, 42	105874,793 5	18.73%	204,1	2653,24	
4	Сергач	5420.83	6169.84	10	3, 9, 11, 14, 15, 17, 20, 25, 30, 36	173972,580 7	30.77%	153,81	1538,12	

### 5.7 Анализ результатов расчета оптимальных мест расположения контейнерных накопительно-распределительных центров

Рассмотрим зависимость суммарных расстояний  $D$  и суммарных затрат  $E$  на перевозку от КТ до КНРЦ, варьируя количество КНРЦ [150]. На рисунке 5.32 и 5.33 представлены такие зависимости. Очевидно, что эти величины уменьшаются с ростом  $K$ . Если проект уже предполагает выделение инвестиционных затрат на создание всех КНРЦ, то  $K$  определяется делением инвестиционных (капитальных) затрат на стоимость одного КНРЦ.

$$K = \frac{E_{\text{КНРЦ}}}{C}. \quad (5.18)$$

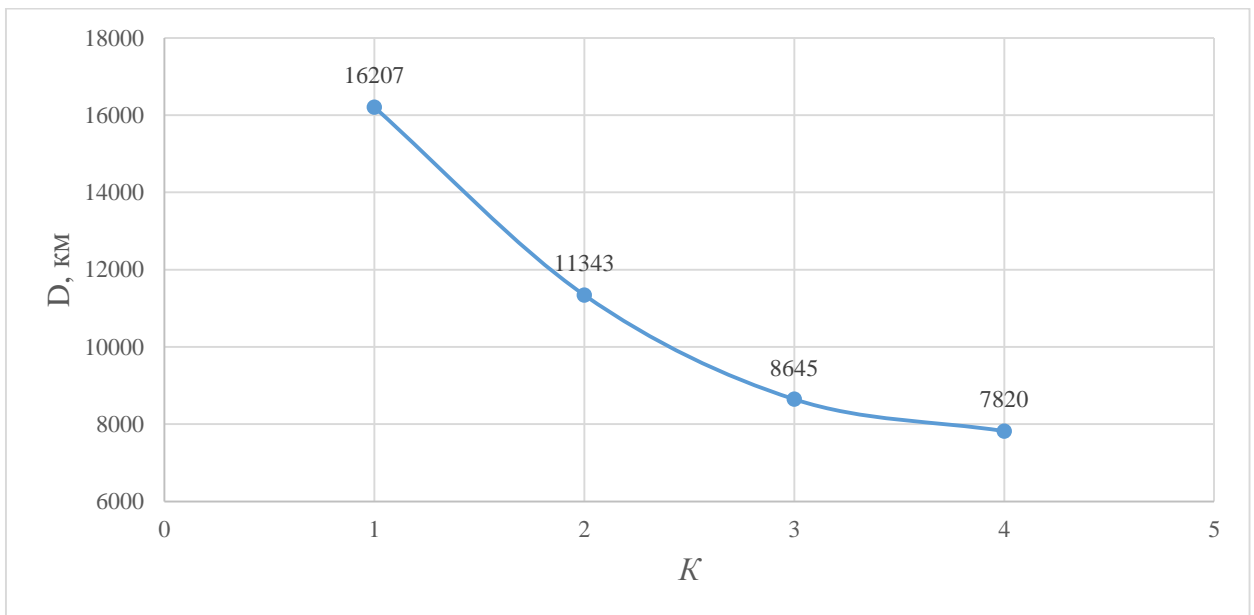


Рисунок 5.32 – Зависимость суммарного расстояния перевозки  $D$  от количества  $K$



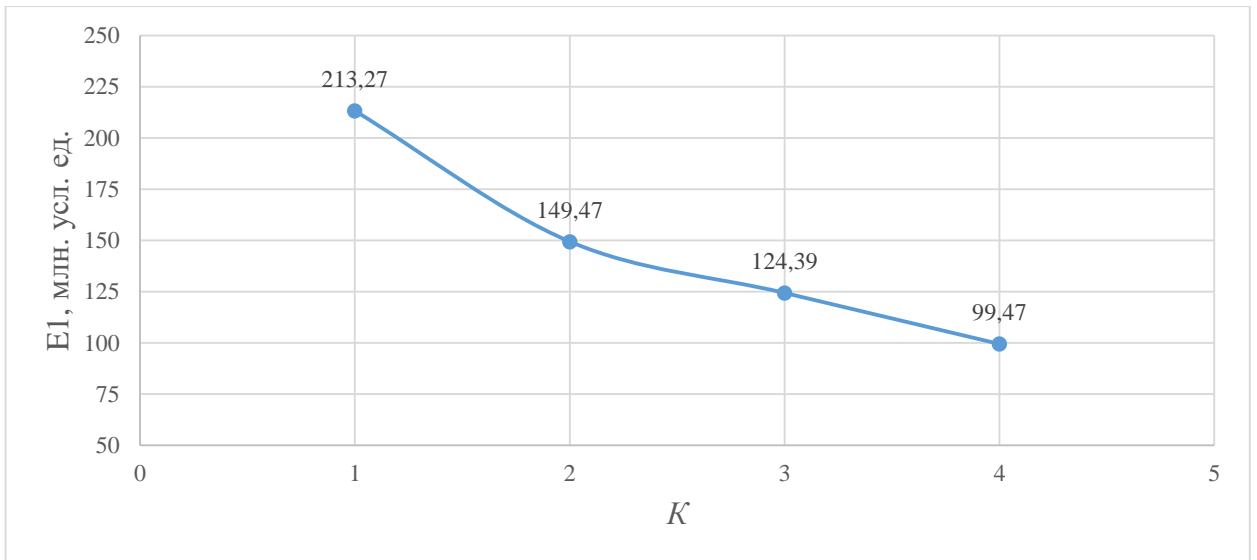


Рисунок 5.33 – Зависимость суммарных затрат на перевозку между КТ-КНРЦ ( $E_1$ ) от количества  $K$

Полученные результаты позволяют оценить оптимальные параметры сети КНРЦ и их расположение.

Рассмотрим теперь вопрос создания сети КНРЦ, когда можно варьировать количество создаваемых КНРЦ.

Как и в случае с оптимизацией сети КТ, можно оценить оптимальное количество КНРЦ из условия суммарных затрат на перевозку и создание всех КНРЦ

$$E_{\text{КНРЦ}} = s_2 D'(K) + CK \rightarrow \min, \quad (5.19)$$

где  $D'(K)$  – общее расстояние при перевозках от КТ до КНРЦ;

$s_2$  – затраты на 1 км перевозки среднего для всех КТ объёма перевозимой продукции;

$C$  – средняя стоимость создания одного КНРЦ;

$K$  – количество создаваемых КНРЦ.

Рассмотрим зависимости суммарных затрат на перевозку и создание всех КНРЦ от их количества при разных значениях  $C$  (принятых условно), представленные на рисунке 5.34.

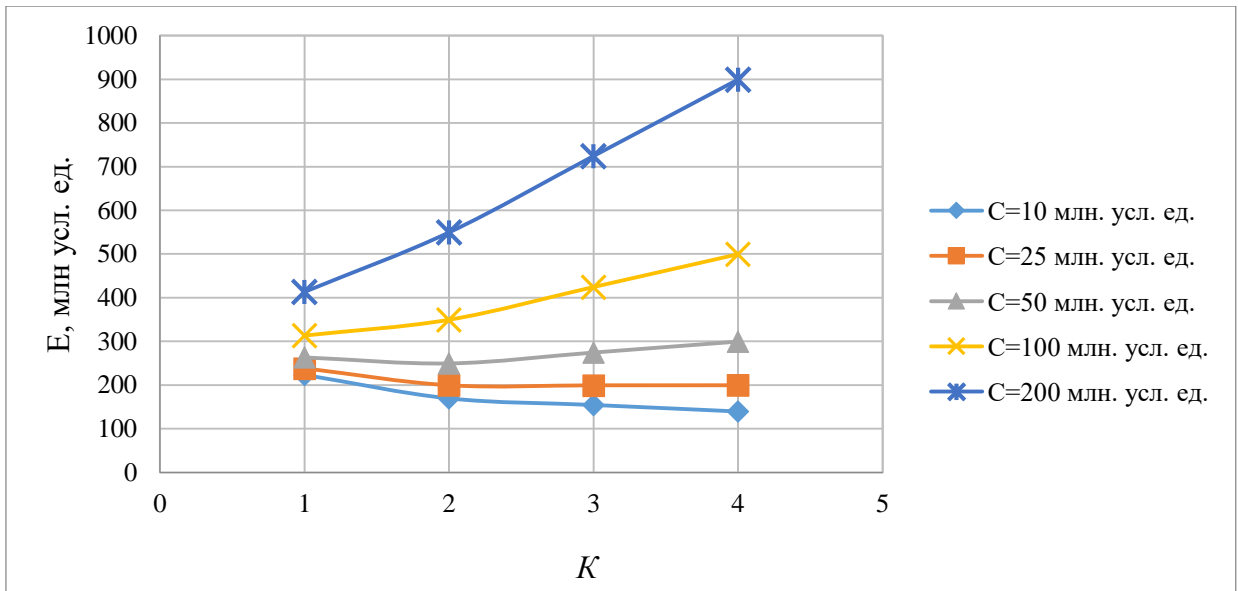


Рисунок 5.34 – Зависимости суммарных затрат на перевозку от КТ до КНРЦ и создание всех КНРЦ при различных значениях  $C$

Из этих графиков видно, что при стоимости одного КНРЦ порядка 100 млн. усл. ед. и выше превалируют затраты на создание КНРЦ, поэтому минимальные затраты будут при создании одного КНРЦ. При стоимости создания КНРЦ порядка 50 млн. усл. ед. оптимальным будет создание двух КНРЦ, при  $C=25$  млн. усл. ед. минимум затрат будет примерно одинаковым для  $K=2$ ,  $K=3$ ,  $K=4$ . При  $C=10$  млн. усл. ед. оптимальным будет создание 4-х КНРЦ.

Таким образом, по данным графикам можно получить оценку величин  $C$ , для которых оптимальна величина  $K$ .

Работа с алгоритмом кластеризации метода *k-means pro* позволяет при повторении кластеризации с выбором другого начального множества центров  $e^0$  получать другие станции-КНРЦ, хотя критерий  $E$  близкий [150]. Например, для  $K=3$  можно получить следующие результаты расположения КНРЦ на карте (рис. 5.35), а результаты расчетов представлены в таблице 5.7.

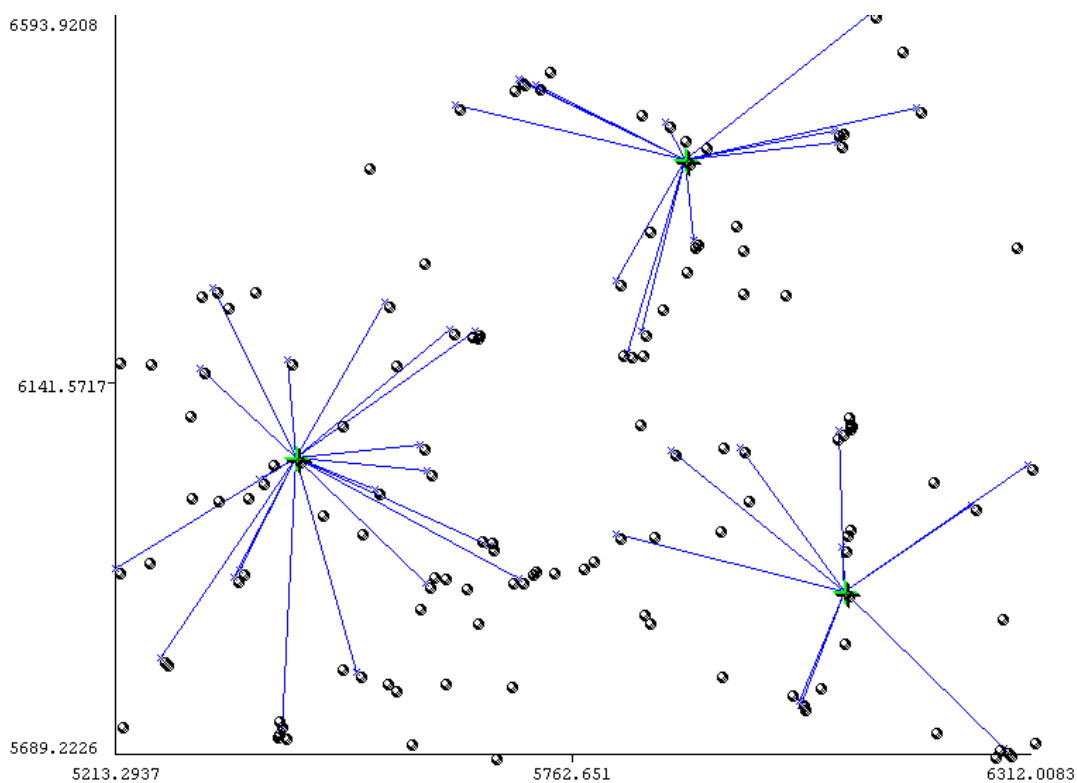


Рисунок 5.35 – Альтернативное расположение 3-х КНРЦ на карте

Таблица 5.7 – Альтернативные результаты расчетов для  $K=3$ 

		Количество КНРЦ:				3			
		Общий объём перерабатываемой продукции (тыс.т):				56571,6046			
		Среднее расстояние между КНРЦ (км):				610,482774			
		Среднее расстояние от КП до КНРЦ:				205,8263877			
		Суммарное расстояние от КП до КНРЦ:				8644,708282			
		Грузооборот между КП и КНРЦ (тыс.т · км):				124392072,5			
№	Название станции	X	Y	Кол-во КП, входящих в кластер	№ КП, входящих в кластер	Объём переработки и КНРЦ (тыс.т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от КП до КНРЦ (км)	Суммарное расстояние от КП до КНРЦ (км)
1	Нуя	5431.2 3	6050.97	19	3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15	308395,902	54.55%	207,91	3950,25
2	Люк	5898.6 6	6414.61	13	1, 2, 16, 21, 22, 23, 27, 34,	105874,793 5	18.73%	204,1	2653,24
3	Мелеуз	6088.7 2	5886.31	10	5, 6, 7, 12, 19, 24, 28, 29, 32	151100,909 1	26.73%	204,12	2041,22

Это можно использовать для выбора КНРЦ с использованием дополнительных критериев ( $z_1 \dots z_9$ ) [150]. Т.е. окончательный выбор места

расположения КНРЦ будет осуществляться из большого множества найденных локально-оптимальных станций-кандидатов.

### 5.8 Экономико-математическая модель комплексной оптимизации двухуровневой контейнерно-транспортной системы

Выше была решена задача минимизации общих затрат на проект создания инфраструктуры сети контейнерных терминалов за счет выбора оптимального количества КТ -  $k$ , как числа кластеров в алгоритме кластеризации с проекцией

$$E_{КТ} = s_1 D(k) + ck \rightarrow \min, \quad (5.20)$$

где  $D(k)$  – общее расстояние при перевозках от предприятий до КТ;

$s_1$  – затраты на 1 км перевозки среднего для всех предприятий объема перевозимой продукции.

Таким образом, первое слагаемое – это затраты на перевозку от предприятий до КТ, второе слагаемое – затраты на создание  $k$  контейнерных терминалов.

Подобную оптимизацию можно выполнить и при проектировании сети КНРЦ

$$E_{КНРЦ} = s_2 D'(K) + CK \rightarrow \min, \quad (5.21)$$

где  $D'(K)$  – общее расстояние при перевозках от КТ до КНРЦ;

$s_2$  – затраты на 1 км перевозки среднего для всех КТ объема перевозимой продукции;

$C$  – стоимость создания одного КНРЦ;

$K$  – количество создаваемых КНРЦ.

Далее решается задача оптимизации всей двухуровневой КТС. Для этого необходимо минимизировать общие затраты на инфраструктуру двухуровневой КТС и затраты на перевозку.

$$E = E_{КТ} + E_{КНРЦ} \rightarrow \min . \quad (5.22)$$

Строго математически для решения такой задачи необходимо одновременно выбрать местоположение всех КТ и КНРЦ при условии варьирования величин  $k$  и  $K$ .

Целесообразно такую глобальную задачу решать на основе отдельных алгоритмов кластеризации каждого уровня: 1-й уровень – «производства - КТ»; 2-й уровень – «КТ - КНРЦ», но с учетом возможного перебора вариантов с разным количеством  $k$  и  $K$ .

$$E(k, K) = E_{КТ}(k) + E_{КНРЦ}(K) \rightarrow \min . \quad (5.23)$$

Очевидно, что выбор  $k$  и  $K$  противоречив. При увеличении числа КТ (величины  $k$ ) уменьшаются затраты на перевозку от предприятий до КТ, и увеличиваются затраты на перевозку от КТ до КНРЦ. Т.е. уменьшение первого слагаемого в вышеприведенной формуле может увеличить второе слагаемое. С другой стороны, увеличение числа  $k$  и  $K$  уменьшает затраты на перевозки, но требует увеличения затрат на создание сети КТ и КНРЦ.

### 5.9 Выбор оптимального количества терминально-логистических объектов при наличии ограничений

В результате проведения многочисленных экспериментов были выведены зависимости  $E(k)$  и обоснована возможность получения точки минимума  $k_0$  графиков зависимости  $E(k)$  (п. 5.4). В тоже время возможны случаи, когда нет возможности принимать решения отталкиваясь от оптимального варианта. Тогда рассмотрим подход к выбору оптимального числа КТ, исходя из условий:

$$E = \sum_{i=1}^n D_i \cdot V_i \cdot s + c \cdot k \cdot \gamma, \quad (5.24)$$

$$k_1 = \frac{V}{v_{1kn}}, \quad (5.25)$$

$$k_2 = \frac{A}{c}. \quad (5.26)$$

Так как первое слагаемое в (5.24) уменьшается при увеличении числа контейнерных терминалов, а второе увеличивается, то величина затрат  $E$  имеет минимум, который и определяет оптимальное число контейнерных терминалов при условии, что эта величина попадает в допустимую область  $k$ , исходя из условий (5.25) и (5.26).

На рисунке 5.36 показаны возможные случаи принятия решений при наличии ограничений.

Очевидно, что если  $k_1 > k_2$ , то решения нет, так как объём контейнеропригодной продукции  $V$  не покрывается объёмом инвестиций  $A$ . Отсутствует возможность строить и развивать терминально-логистическую инфраструктуру, необходимую для повышения уровня контейнеризации.

Если  $k_1$  и  $k_2 \leq k_0$ , то наилучшим из возможных вариантов будет  $k=k_2$ , т.е. количество контейнерных терминалов выбирается из условия наличия инвестиций (рис. 5.36-а).

Если  $k_1 \leq k_0 \leq k_2$ , то очевидно  $k=k_0$ , т.е. количество инвестиционных средств превышает потребности. В данном случае выбираем оптимальный вариант (5.36-б).

Если  $k_0 < k_1 < k_2$ , то  $k=k_1$ , т.е. наилучший вариант  $k$  соответствует требуемому объёму переработки контейнеропригодной продукции (5.36-в).

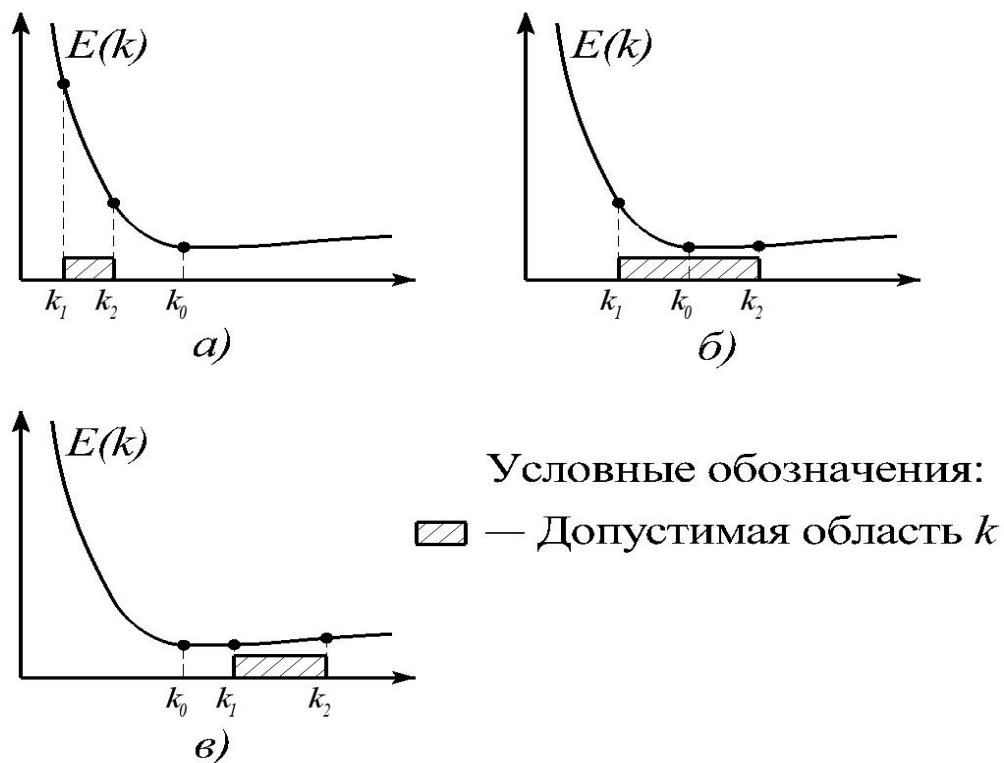


Рисунок 5.36 - Выбор оптимального количества терминально-логистических объектов при наличии ограничений

## 5.10 Методика решения оптимизационных задач создания единой структуры контейнерно-транспортной системы

Разработанные алгоритмы и программные средства кластеризации с проекцией [135], [136], [137], [138], [149], [150], [151] позволяют провести многочисленные просчеты вариантов двухуровневой сети контейнерных перевозок региона (страны) и получить оптимальный по вышеприведенному критерию  $E$  вариант инфраструктуры двухуровневой КТС для заданных параметров и географического положения производств, сети железнодорожных станций, а также с учетом затрат на создание КТ, КНРЦ и расходов на перевозку контейнеров.

Порядок расчетов следующий. Сначала задаем  $k$  и для каждого  $k$  рассчитываем оптимальный вариант сети КТ, подсчитываем  $E_{КТ}(k)$ .

Диапазон изменяемых  $k$  необходимо брать вблизи  $k_{opt}$  для графиков  $E_{КТ}(k)$ . Затем для каждого полученного варианта сети КТ задаем  $K$  и решаем задачу оптимальной кластеризации с проекцией для нахождения сети КНРЦ. Диапазон изменения  $K$  также можно взять вблизи  $K_{opt}$  для графиков  $E_{КНРЦ}(K)$ . Суммируя результаты, согласно (5.23), находим сочетание  $(k, K)$ , при которых достигается минимум  $E(k, K)$ .

Такой сложный порядок расчетов объясняется тем, что из-за зависимости второго слагаемого от первого в (5.22) аргументы минимума суммы не совпадают с аргументами минимумов слагаемых.

$$(k, K)_{opt} \neq (k_{opt}, K_{opt}). \quad (5.27)$$

Таким образом, разработанные экономико-математические модели, методики, алгоритмы и программные средства представляют собой количественную модель, взаимно увязывающую различные исходные



параметры производств и железнодорожной сети с разнообразными целевыми характеристиками.

Так, кроме задачи выбора инфраструктуры КТС, при известных нормативных параметрах, можно поставить и решать другие практические задачи. Например, если создание дополнительной инфраструктуры осуществляется в несколько очередей при выделении средств на создание КТ и КНРЦ на определенный период, то можно поставить и решить вышеприведенную задачу при ограничении количества средств  $A$ :

$$E(k, K) = E_{КП}(k) + E_{КНРЦ}(K) \rightarrow \min, \quad (5.28)$$

$$ck + CK \leq A. \quad (5.29)$$

Полученные результаты позволяют оценить величину «дефекта проекции», т.е. затрат, которые получаются, когда КТ располагаем не в геометрически оптимальных «центрах», а обязательно на существующих железнодорожных станциях. Дефект проекции легко определяется как разница ординат графиков для метода *k-means pro* (Алгоритм 3) и классического метода *k-means* (Алгоритм 1). Видно, что дефект увеличивается с ростом  $k$  и достигает при  $k = 30-40$  порядка 20-30% от общих затрат. Это дает возможность рассчитать возможное уменьшение затрат при создании новой инфраструктуры, располагающейся в геометрически оптимальных центрах кластеризации.

Приведенные примеры не исчерпывают все возможные другие практические постановки задач оптимизации сети терминально-логистических объектов с использованием разработанных алгоритмов и программных средств.

## 5.11 Выводы по главе

1. Разработан метод кластеризации с проекцией *k-means pro*, за основу взят метод *k-means* Мак-Куина (*k*-средних). Новый метод реализует кластеризацию с «проекцией на функцию», что позволяет применять его для решения задач размещения терминально-логистических объектов, учитывая существующую топологию железных дорог.

2. Разработаны математические модели определения количества КТ и мест их размещения на основе методов кластеризации, позволяющие решать поставленные задачи при наличии инвестиционных ограничений, и когда часть множества КТ уже задана.

3. Разработана математическая модель определения количества и мест размещения КНРЦ на основе методов кластеризации, позволяющая взаимно увязывать различные исходные параметры производств и железнодорожной сети с разнообразными целевыми характеристиками.

4. Предложен многокритериальный подход для расчета оптимального варианта сети КНРЦ с учетом дополнительных характеристик железнодорожных станций-кандидатов, позволяющий с применением методов векторной оптимизации, практически определить оптимальные места создания КНРЦ при известных инвестиционных затратах (количество КНРЦ задано), а также количественно оценить оптимальное количество создаваемых КНРЦ (количество КНРЦ не задано).

5. Разработана экономико-математическая модель комплексной оптимизации двухуровневой КТС, учитывающая необходимость минимизации общих затрат на создание терминалов и затрат, связанных с организацией перевозки по создаваемой искомой структуре КТС.

6. Разработан программный продукт для практического использования, позволяющий реализовывать режимы с заданным или произвольным количеством кластеров *k*. В первом случае реализация

заключается в применении выбранного метода и задания числа кластеров  $k$ . Во втором – количество кластеров определяется согласно выбранному критерию (минимум суммарных затрат на перевозку; минимум суммарных затрат на перевозку и инвестиционных затрат на создание сети - КТ или индексу Дэвиса-Болдина) с помощью перебора вариантов для каждого  $k$ . Стоит отметить, что такое разнообразие режимов работы позволяет экспериментальным образом достигнуть наилучшего результата разбиения.

7. В результате многочисленных экспериментальных расчетов определены зависимости:

а) при увеличении числа  $k$  суммарное расстояние  $D = \sum_{i=1}^n D_i$  сокращается,

т.е. общие затраты на перевозку сокращаются при увеличении  $k$  – числа КТ. С этой точки зрения, чем больше КТ, тем меньше затраты на перевозку продукции от грузоотправителей/грузополучателей до терминально-логистических центров;

б) «дефект проекции», как разница величины критерия качества «свободной» кластеризации и кластеризации «с проекцией»  $\Delta = E_{1пр} - E_1$ , при изучении показал, что при значительном увеличении числа КТ он растет. Отсюда следует, что, когда разница  $\Delta$  значительна (в проведенных экспериментах она достигала 30-40%), возможно, выгоднее создавать новые объекты терминально-логистической инфраструктуры, а не размещать КТ или КНРЦ на уже существующих;

в) зависимости, отражающие целевое предназначение кластеризации с учётом оптимизации суммы общих затрат на перевозку:  $E(k)$  - для структуры первого уровня и  $E(K)$  - для структуры второго уровня, показали чувствительность к сумме инвестиционных затрат на создание КТ -  $c$  и КНРЦ –  $C$ . Анализ показал, что оптимизация числа КТ и КНРЦ должна проходить при тщательной оценке суммы инвестиционных затрат.

## 6 ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНТЕЙНЕРНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННЫХ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ

### 6.1 Методика эскизного проектирования двухуровневой терминально-логистической инфраструктуры контейнерно-транспортной системы

На основании разработанной методологии определения местоположения сети КТ и КНРЦ можно сформулировать практическую методику эскизного (предварительного) проектирования двухуровневой терминально-логистической инфраструктуры КТС. На рисунке 6.1 представлен алгоритм моделирования двухуровневой структуры КТС.

На первом этапе необходимо определить предприятия, добывающие или производящие продукцию, т.е. потенциальных грузовладельцев, произвести оценку уровня контейнеропригодности добываемой и/или производимой продукции и её объём, согласно методике, приведенной в главе 3. Кроме того, необходимы географические координаты для определения их физического расположения.

На втором этапе создается база данных железнодорожных станций с географическими координатами и таблицей векторов  $(z_1, \dots, z_9)$  для многокритериального анализа групп критериев КНРЦ, приведенных в главе 2 настоящего исследования.

На следующем этапе приступаем к моделированию и проектированию расположения терминальной инфраструктуры КТС на основе разработанной методологии, основанной на кластерном анализе и клиентоориентированном подходе. Все расчёты на основе предложенного метода *k-means pro* реализуются с помощью разработанного программного средства.

Показанные на блок-схеме, рисунка 6.1, блоки справа являются дополнительными для основной композиции и описывают возможное

развитие методики за счет использования детализированных расчетов, например, прогнозирования объёмов производств в рамках рассматриваемого региона и (или) изменения постановок оптимизационных задач. В схеме отображены только две главные постановки задач: а) и б), хотя, как отмечено выше, могут быть постановки задач с уже заданной частью сети КТ или с наличием ограничений на финансирование.

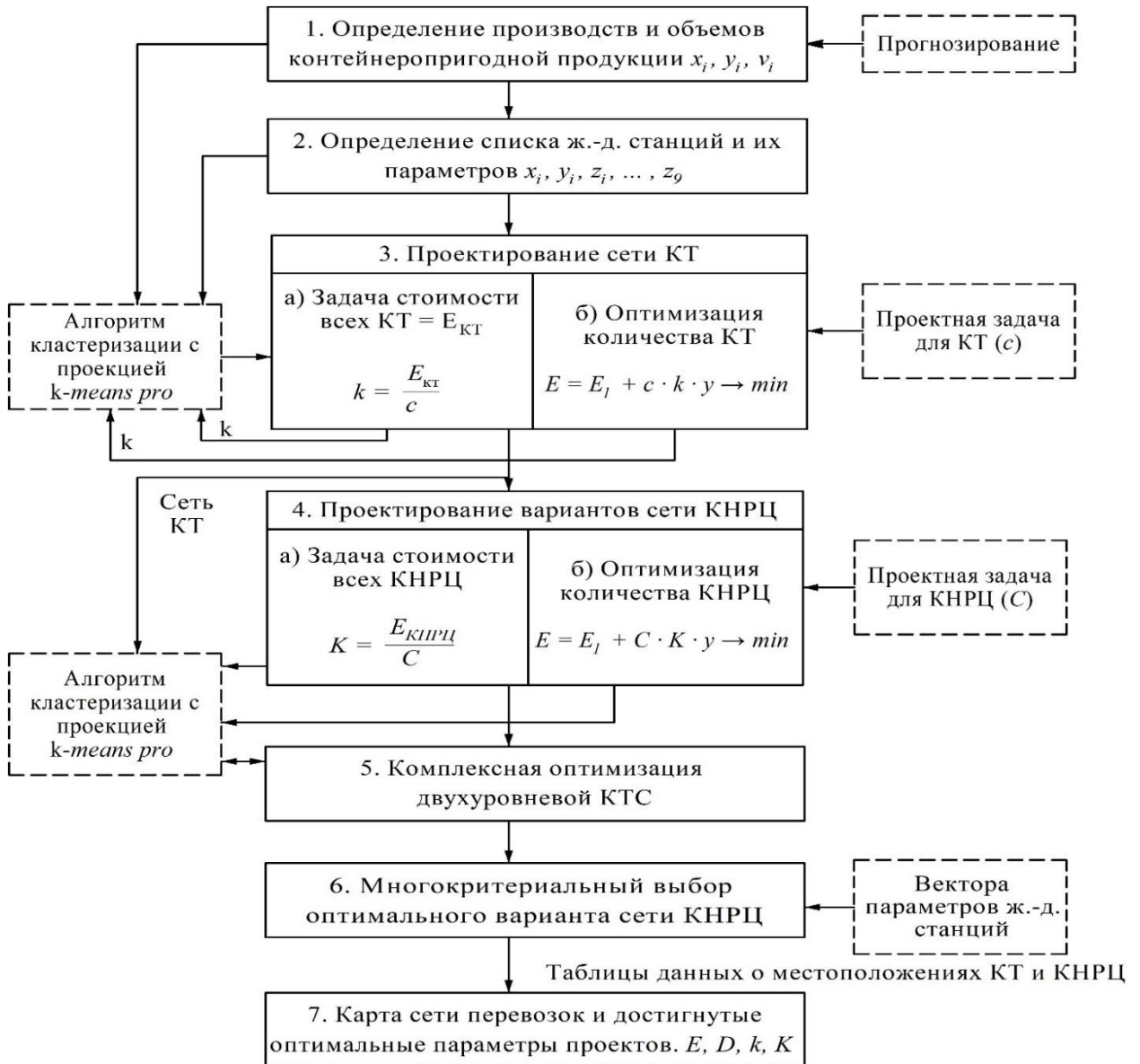


Рисунок 6.1 – Алгоритм моделирования и проектирования двухуровневой структуры КТС

На четвертом этапе после определения оптимального количества КТ и мест их размещения, согласно многокритериальному анализу, переходим к моделированию второго уровня КТС, т.е. созданию сети КНРЦ для организации и продвижения ускоренных контейнерных поездов. Как показано в предыдущих главах, задача оптимального выбора мест расположения КНРЦ может быть решена на основе метода кластеризации с проекцией, где исходными точками являются уже полученные точки-КТ, что позволяет для этой задачи использовать уже разработанные алгоритмы и программные средства [150].

На пятом этапе производим оптимизацию полученной двухуровневой КТС по критерию стоимости. Целесообразно такую глобальную задачу решать на основе отдельных алгоритмов кластеризации каждого уровня: 1-й уровень – «производства - КТ»; 2-й уровень – «КТ - КНРЦ», но с учетом возможного перебора вариантов с разным количеством  $k$  и  $K$ .

$$E(k, K) = E_{КТ}(k) + E_{КНРЦ}(K) \rightarrow \min \quad (6.1)$$

Очевидно, что выбор  $k$  и  $K$  противоречив. При увеличении числа КТ (величины  $k$ ) уменьшаются затраты на перевозку от предприятий до КТ, зато увеличиваются затраты на перевозку от КТ до КНРЦ. То есть уменьшение первого слагаемого в вышеприведенной формуле может увеличить второе слагаемое. С другой стороны, увеличение числа  $k$  и  $K$  уменьшает затраты на перевозки, но требует увеличения затрат на создание сети КТ и КНРЦ.

На шестом этапе производится многокритериальный выбор оптимального варианта сети КНРЦ, согласно методике, приведенной в п. 5.5, для окончательного решения о месте создания КНРЦ. Как было показано, при окончательном решении о месте размещения КНРЦ необходимо руководствоваться дополнительными критериями на основании рассмотрения векторов параметров станций - кандидатов, учитывающих их показатели. Поэтому производится многокритериальный анализ других подоптимальных

вариантов КНРЦ, дающих близкие к оптимальному значению общие затраты. Здесь отдельно выделена задача формирования векторов параметров железнодорожных станций – кандидатов на создание в них КНРЦ.

На заключительном этапе выдается таблица данных о местоположении и количестве КТ и КНРЦ, карта сети и достигнутые оптимальные параметры проектов, а именно: затраты на перевозку от клиентов до КТ, затраты на перевозку от КТ до КНРЦ, сумма общих затрат на перевозку и затрат на создание оптимальной сети; среднее расстояние перевозки от клиента до КТ, среднее расстояние между КТ, среднее расстояние от КТ до КНРЦ, среднее расстояние между КНРЦ [137].

## 6.2 Разработка программного средства расчета оптимальной двухуровневой структуры контейнерно-транспортной системы

Как следует из разработанной методологии расчета оптимальной двухуровневой сети КТС, ядром является метод кластеризации. В последнее время появилось множество программных систем, которые включают модули кластеризации («*Clustering*»), в которых, как опции, задаются вышеприведённые метрики расстояний, функционалы качества кластеризации и типы алгоритмов. В настоящем исследовании, в 4 главе, изучены наиболее распространённые программные системы, такие как STATISTIKA, WEKA, DEDUKTOR STUDIO, Orange Data Mining, SPSS-STATISTIKA 17 и перечислены используемые в них алгоритмы.

Программы типа STATISTIKA, DEDUKTOR STUDIO, SPSS являются готовыми коммерческими продуктами. В процессе проведения экспериментов с этими системами выяснилось, что менять загруженные в них алгоритмы или корректировать их работу нельзя. Перечисленные программные продукты допускают некоторые настройки для удобства пользователя, например,

считывать данные разного формата, но использовать методы и алгоритмы, изначально не заложенные в программу, нельзя. Также отсутствует возможность задавать способ и результаты отображения расчётов. В связи с этим, можно сделать вывод о невозможности с помощью данных программных продуктов реализовать модифицированный метод кластеризации «с проекцией» и другие методы, расширяющие возможности использования кластерного анализа для практического решения поставленных задач, связанных с размещением терминально-логистических объектов КТС.

Первые эксперименты были проведены на программном продукте WEKA. Это бесплатный программный пакет, имеющий открытый исходный код (возможность переписывать и изменять отдельные модули по назначению исследователя). Была использована его архитектура - общая структура программы, описаны взаимодействия между различными модулями. На начальном этапе исследования работа программного продукта с данными, а также гибкость в плане добавления новых (собственных) возможностей удовлетворяла поставленным задачам. Способ загрузки данных подвергался минимальной корректировке, добавлялись лишь нужные поля и их формат. При отображении результатов было возможно корректировать и добавлять различную геометрию на выходной график. Отображение результатов работы программы WEKA в графической форме представлено на рисунке 6.2.

Однако в процессе проведения многочисленных практических экспериментов на данном программном продукте были выявлены следующие недостатки:

1. Программный пакет ориентирован исключительно на фундаментальные исследования - тесты, проверки, и оперирует понятиями: атрибуты, типы, свойства, объекты, константы и т.д. Это прослеживалось как на уровне разработки, так и на пользовательском уровне (все характеристики станций и производств отображались под названиями атрибутов: атрибут 1, атрибут 2, атрибут 3 и т.д., а станции и производства (грузоотправители/грузополучатели) всегда именовались как просто



объекты). Это усложняло вычисления, потому что все наименования, объекты, характеристики и их типы нужно было переводить в формат, который использовала программа.

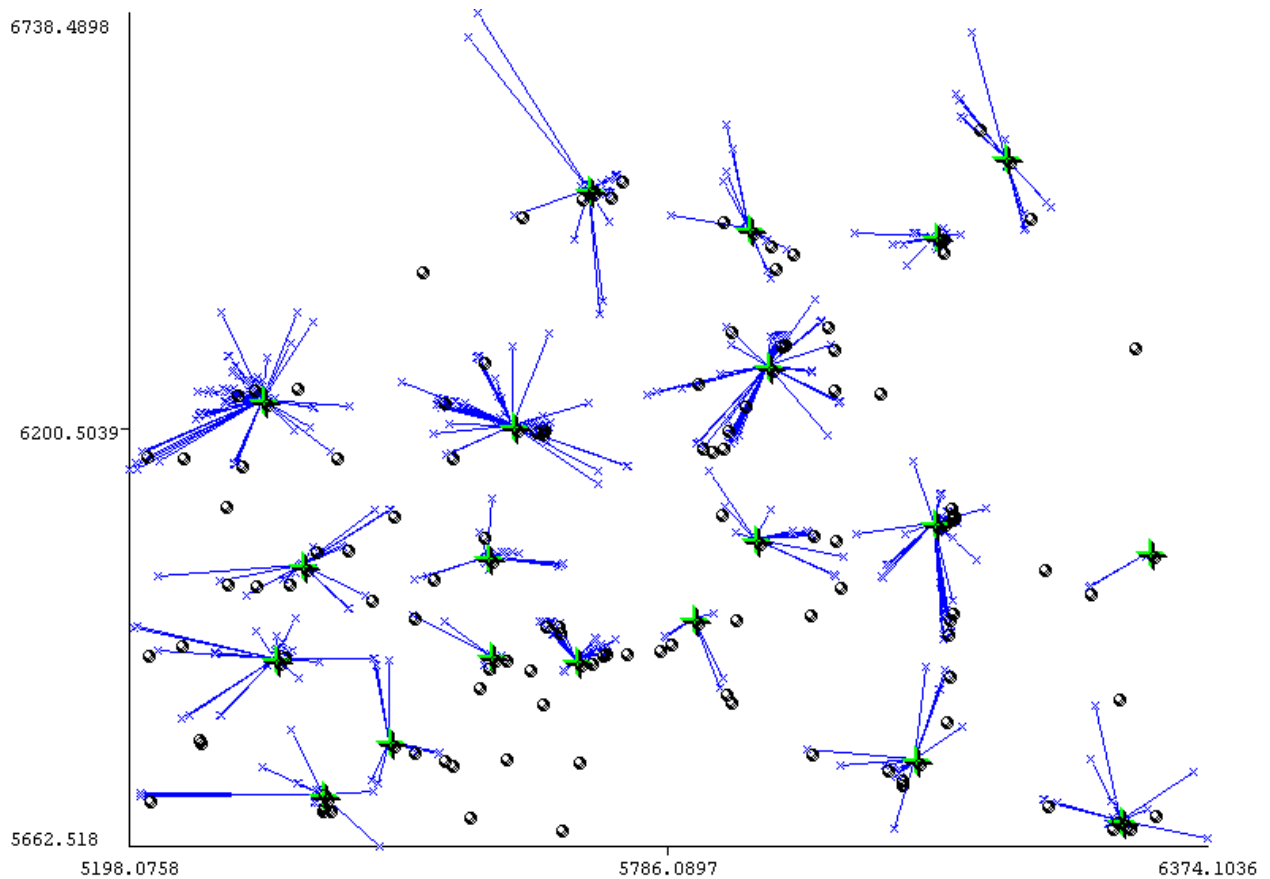


Рисунок 6.2 – Отображение результатов работы программы WEKA

2. Трудоёмкая и ненаглядная визуализация результатов. Все результаты (независимо от предметной области) отображались в виде подкрашенных крестиков на белой системе координат. Следовательно, для получения наглядного графического изображения приходилось дорисовывать выходные формы - соединять крестики с центрами кластеров линиями, подрисовывать линиями железнодорожные направления и пр.

Из-за обобщенности данной программы был сделан вывод о её лишь частичной пригодности для постоянной работы в какой-то предметной области (для рядового пользователя).

3. Несмотря на то, что WEKA допускает дописывание алгоритмических модулей, его программная архитектура очень обобщена, при этом сам пакет очень большой, что также усложняет разработку. Для начала приходилось определять в каком месте нужно создавать модуль, потом определять, как он связан со всем остальным, т.е. приходилось подстраиваться под архитектуру WEKA, что сказывалось на понятности кода и производительности вычислений.

4. Вывод необходимых результатов расчетов в формат, который был необходим, потребовал написания своей небольшой подсистемы, потому что система не поддерживала вывод в excel и не выдавала все нужные значения расчетов.

С повышением требований к визуализации результатов и заявки на то, что эта система могла бы использоваться в реальном проектировании, встал вопрос о пользовательской стороне, т.е. удобстве использования, интерактивности, специфичности для конкретной предметной области.

В связи с этим, был разработан совершенно новый программный продукт, позволяющий использовать его для прикладных исследований. При написании продукта учитывались следующие требования:

- кроссплатформенность (возможность работы программы на любой ОС);
- наличие большого количества библиотек;
- универсальность (язык должен предоставлять возможность программирования в разных парадигмах - в разных стилях и разными способами);
- типизированность (язык должен использовать строгие типы для каждого вида данных, это повышает надежность системы);
- использование объектно-ориентированного программирования.

Разработанный программный продукт для практического использования создан путем описания объектов (моделей реальных или абстрактных предметов, или сущностей), методов (действий этих объектов), с помощью

которых эти объекты могут взаимодействовать между собой и обладают следующими характеристиками:

1. Используются языки программирования Java + JavaScript (для визуализации и работы с картой). Являясь одними из самых популярных языков программирования, они позволяют использовать большое количество программных библиотек, а также дают возможность использования части уже написанных подсистем при адаптации программы WEKA (так как WEKA тоже написана на языке Java).

2. Архитектура программного средства была разработана с учетом адаптации под конкретную предметную область задач оптимизации месторасположения транспортно-логистических объектов, на основании знания того, в какую сторону будет развиваться система, где нужно оставить возможность для расширения, а где сделать более связанную и простую архитектуру.

3. Реализована возможность визуализации, ориентированной на транспортные задачи: с картами, с дорогами, с изменением масштаба, с анимацией (рис. 6.3).

4. Реализован удобный пользовательский интерфейс: большая площадь экрана отведена под карту (с учетом сокрытия ненужных в данный момент элементов управления), возможность гибкой настройки кластеризации через «мастер настройки» (диалогового режима общения с пользователем, в котором он определяет параметры и настройки кластеризации и осуществляет вывод результатов), во всем интерфейсе присутствуют термины предметной области.

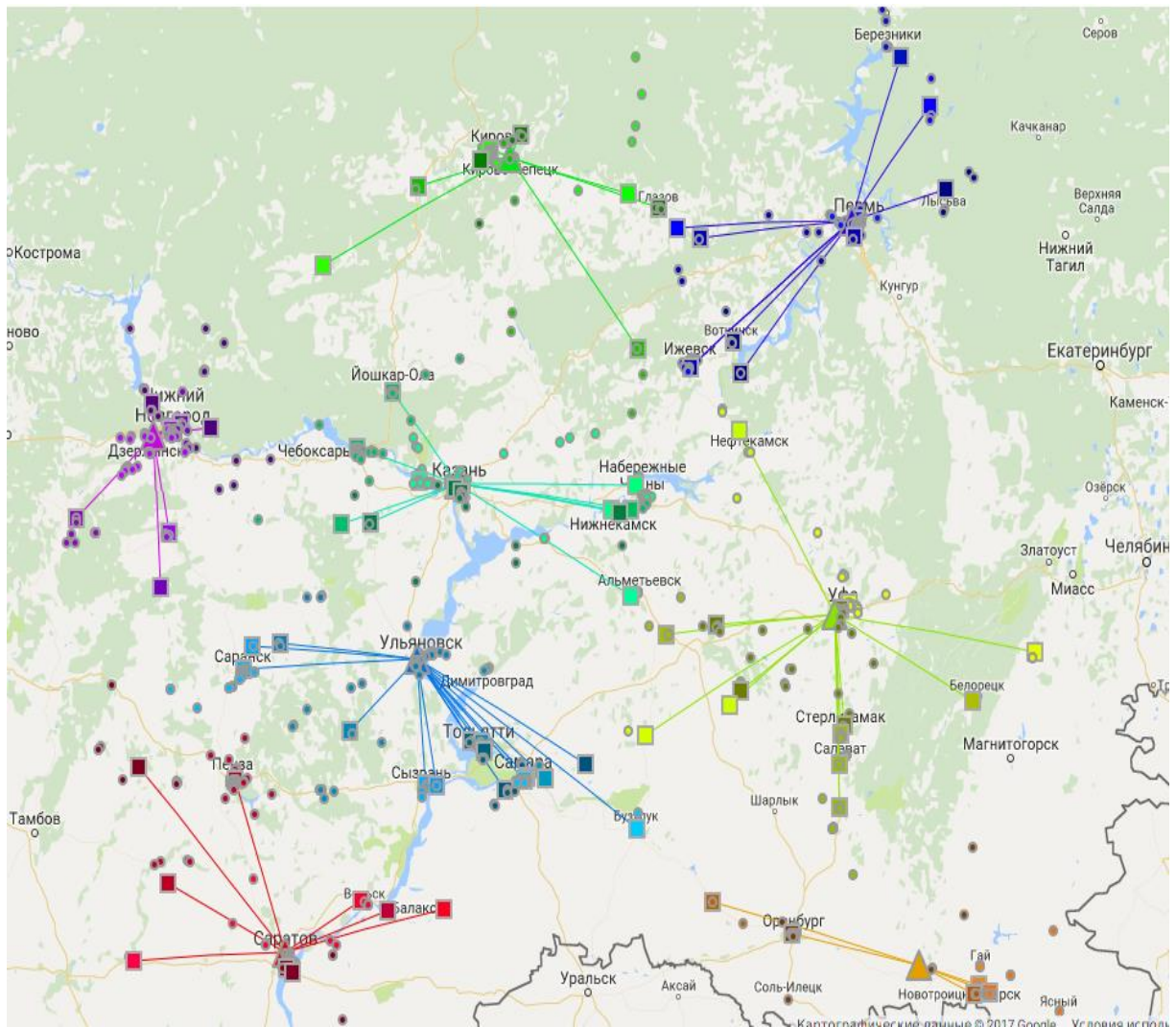


Рисунок 6.3 - Отображение результатов в разработанной программе

### 6.3 Описание исходных данных для апробации разработанной методологии на примере Приволжского федерального округа

Для проведения экспериментальных расчетов, апробации методологии и алгоритмов, предлагаемых в работе, был выбран Приволжский федеральный округ (ПФО).

В состав ПФО входят 14 субъектов РФ: Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пермский край, Кировская,

Нижегородская, Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская и Ульяновская области [202].

Центром Приволжского федерального округа является г. Нижний Новгород. Из всех субъектов округа 6 являются национально-территориальными административными образованиями - Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Удмуртская Республика и Чувашская Республика [202].

Территория Приволжского федерального округа занимает 6,1% территории России (более 1 млн. кв. километров). Здесь проживает многонациональное население – 21,3% от общего числа граждан страны (более 30 млн. человек): это второй по численности населения федеральный округ после Центрального. Доля округа в общероссийском ВВП превышает 15%.

Приволжский федеральный округ входит в число наиболее плотно населенных территорий России. Он занимает близкое к географическому центру России положение с достаточно плотным расселением населения во многих регионах округа, что определяет потенциальные обширные рынки потребительских товаров, произведенных на территории округа [202].

Особенностью географического положения округа является отсутствие выхода к Мировому океану и относительная удаленность от морских портов. Однако такое положение не препятствует торговле на внутренних и международных рынках. Округ конкурентоспособен в отношении поставок готовой продукции не только в центральные, южные и собственные регионы с высоким потребительским спросом, но также в страны Европейского союза и Ближнего Востока [202].

Уникальность округа в том, что он расположен на перекрестке международных транспортных коридоров, соединяющих Сибирь и Дальний Восток, а также страны Восточной Азии с европейской частью России и государствами Европы [202].

К конкурентным преимуществам географического положения округа относится также наличие удобных выходов на Западный Казахстан, Узбекистан, Таджикистан. В округе достаточно высок уровень развития транспортной инфраструктуры. Приволжский федеральный округ занимает второе место в России по плотности железных дорог (143 км путей на 10 тыс. кв. км территории). По территории округа проходят линии Северной, Горьковской, Приволжской, Куйбышевской, Юго-Восточной и Свердловской железных дорог, Северный и Южный ходы Транссиба; действуют 58 железнодорожных станций, открытых по параграфу тарифного руководства для работы с крупнотоннажными контейнерами [202], [248], [249], [263].

Приведенные характеристики показывают большую размерность поставленной для решения задачи и позволяют оценить возможность применения разработанной методологии для всех Федеральных округов и территории РФ в целом.

Кроме того, анализируя субъекты ПФО, выяснилось, что каждая из республик и областей имеет свою программу развития транспортно-логистических узлов, строительства терминально-логистических объектов и транспортной сети в целом.

Так в рамках государственной программы «Развитие транспортной системы в Республике Башкортостан» планируется строительство и реконструкция транспортных узлов, логистических центров и железнодорожных линий для формирования устойчивых транспортных связей республики. Программа предусматривает строительство логистического центра в районе железнодорожной станции Уршак, на который планируется выделить 1470,5 млн. рублей из внебюджетных источников. Также в рамках «Схемы территориального планирования республики Башкортостан до 2020 года» планируется развить инфраструктуру и обновить парк транспортных средств грузового речного порта «Агидель». Стоимость проекта около 2 млрд. долларов. Будет устроен контейнерный терминал с железнодорожной веткой по длине причала и площадкой для погрузки 15 автоконтейнеровозов,

оборудованный 4 портовыми погрузчиками и 2 порталными кранами [168], [171], [265].

В «Стратегии социально-экономического развития Кировской области на период до 2020 года» значительная роль отводится развитию логистических центров, так как область имеет развитое промышленное производство, выгодное транспортно-географическое положение, а также на рынке логистических услуг практически отсутствуют предложения. Международный транспортный коридор Транссиб проходит через территорию области. Грузопотоки проходят с востока на запад по северному ходу Транссибирской магистрали и разветвляются на Москву и Санкт-Петербург. Правительство области планирует организовать строительство логистического центра в городе Киров на основе использования механизмов государственно-частного партнерства. Строительство транспортно-логистического центра также планируется в городе Котельнич Кировской области. Инфраструктура бывшего завода железобетонных изделий, на базе которого планируется построить данный ТЛЦ, позволит в кратчайшие сроки произвести перепрофилирование. Имеется возможность для создания открытой контейнерной площадки емкостью в 3000 ДФЭ. В текущее время проект находится на стадии поиска инвестора [258].

В рамках «Инвестиционной стратегии республики Марий Эл до 2020 года» предполагается позиционирование республики как перспективной площадки для размещения новых производств, развитие транспортной инфраструктуры, как следствие - развитие транспортно-логистического комплекса региона в целом. Правительство республики Марий Эл предполагает сформировать зоны опережающего роста, результатом чего станет развитие транспортно-логистических узлов и транспортной сети, обладающей необходимым потенциалом пропускной способности и обеспечивающей целостную взаимосвязь муниципальных образований с её интеграцией в развивающиеся мировые транспортные системы. Будет сформирован взаимоувязанный комплекс транспортно-логистической,

энергетической и информационно-телекоммуникационной инфраструктур [170].

Правительством республики Мордовия в рамках «Стратегии социально-экономического развития республики Мордовия до 2025 года» предполагается сформировать логистический парк размером около 10 гектаров между городами Саранск и Рузаевка. Логистический парк такого размера в соответствии с категорированием ЦСР «Северо-Запад» является локальным логистическим центром распределения [49].

В Нижегородской области был возведен терминально-логистический центр «Доскино», прилегающий к одноименной станции. Это один из первых объектов, возведенный в рамках «Концепции создания терминально-логистических центров на территории Российской Федерации». В соответствии с требованиями, предъявляемыми к таким центрам Концепции создания терминально-логистических центров на территории Российской Федерации, ТЛЦ обладает контейнерным терминалом, терминалом грузов промышленного назначения и контрейлерным терминалом. Совокупные затраты на возведение данного объекта транспортной инфраструктуры оценивают суммой около 500 млн. рублей. Также в соответствии с Концепцией предусматривается создание спутников – терминалов, связанных с ТЛЦ единой технологией работы – на станциях Моховые горы, Арзамас и Владимир.

Государственная программа Чувашской республики «Развитие транспортной системы Чувашской республики» направлена на развитие и обновление транспортной инфраструктуры автомобильных дорог и развитие высокоскоростного железнодорожного движения в рамках Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [172].

Рассматривается строительство транспортно-логистического центра в Камбарском районе Удмуртской республики. Объект будет включать в себя железнодорожно-автомобильный терминал со складом и контейнерными площадками, речной порт с водно-автомобильным терминалом, со складами,



площадками для контейнеров и генеральных грузов, подъездные железнодорожные пути и автомобильные дороги, погрузочно-разгрузочные площадки, инженерно-технические коммуникации. Центр свяжет сразу несколько транспортных коридоров – автодорогу Москва-Екатеринбург, южную ветку Транссибирской железнодорожной магистрали и порт «Камбарка» - самый северный в России порт на Каме, способный принимать суда класса «река-море» [173], [246].

В рамках государственной программы «Развитие транспортной системы Оренбургской области» на период 2015-2020 годов предусмотрено создание новой и развитие существующей транспортной системы для улучшения транспортно-логистической составляющей региона. В частности, в Соль-Илецке планируется построить крупный логистический центр на частные инвестиции размером в 1 млрд. рублей. Площадь будущего хаба, рассчитанного на 1,5 тыс. паллетомест, составит 12 тыс. кв. метров. Со следующей очередью строительства площадь всех складских помещений вырастет до 40 тыс. кв. мест. Также ЗАО «Тандер» финансирует строительство логистического центра в Сакмарском районе Оренбургской области. Общая площадь застройки составит 48960 кв. метров. Итоговая сумма инвестиций в этот проект составляет 1 млрд. 541 млн. рублей. В рамках сотрудничества с Киргизией будет построен логистический центр под Оренбургом на 25 тыс. тонн овощей, частные инвестиции в проект составили 1,8 млрд. рублей [174], [243], [244], [247].

В рамках «Стратегии социально-экономического развития Пензенской области на долгосрочную перспективу до 2030 года» планируется перевод региональной экономики на инновационный путь развития. Для этого планируется сформировать развитый транспортно-логистический комплекс. В частности, планируется построить ТЛЦ в Пензе [50].

В соответствии с государственной программой Пермского края «Развитие транспортной системы» предусмотрена работа в следующих направлениях: 1) повышение уровня комфортности и безопасности при

передвижении по автомобильным дорогам регионального или межмуниципального, местного значения Пермского края; 2) обеспечение комфортных условий жизнедеятельности населения Пермского края путем развития устойчиво функционирующей, экономически эффективной, привлекательной и доступной для всех слоев населения системы пассажирского транспорта в сочетании с развитием водного, железнодорожного и авиасообщений [175].

В соответствии с концепцией развития региональной транспортно-логистической системы Самарской области планируется формирование пяти транспортно-логистических центров. ТЛЦ-1 – контейнерный терминал мощностью 270 тыс. ДФЭ/год, расположенный в районе 24 километра региональной автомобильной дороги «Самара-Пугачев-Энгельс-Волгоград». ТЛЦ-2 – контейнерный терминал мощностью 80 тыс. ДФЭ/год, расположенный в районе железнодорожной станции Кинель. ТЛЦ-3 – контейнерный терминал мощностью 100 тыс. ДФЭ/год, расположенный в устье реки Самара. ТЛЦ-4 - мультимодальный грузовой перекресток, который ориентирован на обработку грузов трех видов транспорта: речного, железнодорожного (сортировочные станции Сызрань и Октябрьск) и автомобильного. Годовая мощность – 100 тыс. ДФЭ/год. Возможные месторасположения: Сызранский речной порт и новый грузовой порт в районе г. Октябрьск. ТЛЦ-5 будет ориентирован на обработку грузов трех видов транспорта: речного, железнодорожного и автомобильного для городов Тольятти и Жигулевск. Предполагаемая годовая мощность 100 тыс. ДФЭ/год. При определении месторасположения ТЛЦ-5 рассматриваются следующие варианты: территория речного порта города Тольятти и территория особой экономической зоны промышленно-производственного типа в муниципальном районе Ставропольский [176].

В Саратовской области разработан проект развития приграничной инфраструктуры в отдельном пункте Озинки. Проект позволит развивать Среднеазиатский транспортно-промышленный коридор, проходящий по

территории Западно - Казахстанской и Саратовской областей на участке Таскала - Озинки. Совокупные затраты для реализации проекта составят 26,78 млрд. рублей. Проект подразумевает под собой развитие пяти инфраструктурных модулей: таможенно-логистического терминала, контейнерного терминала, торгово-выставочного терминала, автомобильного терминала и мультимодального [180].

Развитие транспортно-логистического комплекса республики Татарстан описано в подпрограмме «Развитие сети логистических центров в республике Татарстан на 2014-2022 годы» государственной программы «Развитие транспортной системы республики Татарстан на 2014-2022 годы». В текущий момент в процессе строительства находятся четыре логистических центра: Свияжский межрегиональный мультимодальный логистический центр (проектная мощность – 12 млн. тонн грузов в год, объем инвестиций – более 20 млрд. рублей), Казанский логистический почтовый центр ФГУП «Почта России» (объем инвестиций – 1,65 млрд. рублей), терминально-логистический центр «Восточный ветер» (в состав центра войдут склады класса «А» и «В+» и контейнерная площадка (объем инвестиций – 1,8 млрд. рублей), оптово-распределительный центр торговли сельскохозяйственной продукцией «Агромир Казань» (объем инвестиций – 9 млрд. рублей) [178].

В соответствии с [179] планируется развить в Ульяновской области транспортно-логистическую сеть из логистических центров с планируемой мощностью 300 - 400 тыс. ДФЭ в год. В настоящее время в Ульяновской области ведутся работы по разработке технико-экономического обоснования проекта создания подобного терминала. Идёт работа над концепцией, её делает немецкая компания DB International.

Согласно произведенному анализу стратегий развития транспортно-логистических комплексов регионов, входящих в состав ПФО, можно сделать вывод о том, что планируется строительство двадцати девяти транспортно-логистических центров. В тоже время отсутствует системный подход к развитию терминально-логистических объектов, способный увязать их в

единое экономическое пространство, разработке общей концепции развития маршрутов доставки контейнерных грузов. По многим проектам нет понимания и обоснования места размещения терминально-логистических объектов, не скоординированы объёмы перевозок контейнеров с существующей инфраструктурой.

При рассмотрении каждого субъекта на начальном этапе была произведена оценка объёмов производимой, добываемой и потребляемой контейнеропригодной продукции. Для этого проанализированы основные промышленные предприятия каждого региона ПФО и выбраны из них 900 наиболее крупных. Определены их географические координаты. Согласно данным, опубликованным на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики (РОССТАТ) и интернет базе промышленных предприятий России, собрана статистика по объёмам и номенклатуре продукции, производимой на этих предприятиях.

Однако в статистических данных, собранных для проведения экспериментальных расчетов, могут присутствовать расхождения с действительным состоянием на настоящий временной интервал. Так как в большинстве субъектов РФ производство продукции осуществляется одним-двумя производителями, информация о её производстве в разрезе субъектов РФ, косвенно раскрывающая первичные статистические данные этих предприятий, не может быть опубликована и предоставлена пользователям (требование Федерального закона от 29.11.2007 № 282-ФЗ «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» (п.5 ст.4, ч.1 ст. 9)).

Соответственно примеры расчетов и анализ результатов был произведен, исходя из данных, опубликованных в открытой печати.

После сбора статистической информации был определен объём контейнеропригодной продукции, производимой или добываемой на каждом из рассматриваемых предприятий.

В приложении А приведена таблица со статистическими данными: перечнем предприятий, их географическими координатами, объемами производств в тыс. т. и результатами расчета объемов контейнеропригодной продукции из общего объема производимой и/или добываемой продукции для 900 предприятий ПФО.

По территории ПФО проходят 6 железных дорог, в связи с этим, были выбраны 145 железнодорожных станций с указанием их основных параметров. Для железнодорожных станций - географические координаты  $x_c$ ,  $y_c$ , векторы из 9 основных критериев, перечисленных в главе 2. Данные сведения приведены в приложении Б.

Кроме того, были отмечены 58 железнодорожных станций, открытых по параграфу тарифного руководства для работы с крупнотоннажными контейнерами, которые расположены на территории ПФО. Список приведен в приложении В.

Для расчётов были приняты: расходная ставка на доставку контейнеров от клиента до КТ  $s = 8 \text{ руб. т. км.}$ , расходная ставка на доставку контейнеров от КТ до КНРЦ  $S = 1 \text{ руб. т. км.}$ , средняя нормативная стоимость строительства КТ  $c = 2 \text{ млрд. руб.}$ , средняя нормативная стоимость строительства КНРЦ  $C = 12 \text{ млрд. руб.}$ , нормативный коэффициент эффективности  $\gamma = 0,18$ .

#### 6.4 Анализ результатов решения задачи определения оптимального количества и мест размещения контейнерных терминалов и контейнерных накопительно-распределительных центров на основе алгоритмов кластеризации и оценка их экономической эффективности

Для производства практических расчетов по исходным данным на примере ПФО были поставлены и решены следующие задачи.

*Первая задача.* Необходимо было произвести расчет на существующую железнодорожную транспортно-логистическую инфраструктуру, т.е. когда задаются координаты 58 уже существующих КТ (см. приложение В) и 900 наиболее крупных промышленных предприятий ПФО, согласно приложению А. Однако в связи с тем, что из-за недостатка информации о распределении грузовладельцев между КТ и реальном добываемом и/или производимом объеме продукции, который может перевозиться в контейнерах по железной дороге, объем контейнеропригодной продукции был определен, согласно разработанной математической модели в 3 главе, и условно весь принят для перевозки железнодорожным транспортом. Прикрепление грузовладельцев к КТ производилось по кратчайшему расстоянию, учитывались минимальные затраты грузовладельцев на подвоз грузов и контейнеров на ближайший к ним КТ.

Согласно заданным условиям необходимо было найти оптимальное количество КНРЦ относительно уже существующей сети КТ, учитывая затраты на создание, места их предполагаемого размещения и общие затраты на функционирование такой искомой структуры КТС.

В результате произведенных расчетов была получена двухуровневая структура КТС для ПФО. Итоговая структура с наименованием КТ, КНРЦ и основными показателями приведена в приложении Г. Для 58 существующих КТ оптимальным будет вариант строительства и эксплуатации 9 КНРЦ.

Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ представлены на рисунке 6.4 (см. приложение Д).

При этом затраты на подвоз продукции от клиентов до КТ составят 27 946 526,858 тыс. рублей. Затраты на формирование и функционирование сети КНРЦ составят 31 940 290 тыс. рублей.

Общие затраты, связанные с доставкой контейнерных грузов от всех клиентов до своих КНРЦ, составят 40 446 816,858 тыс. рублей.

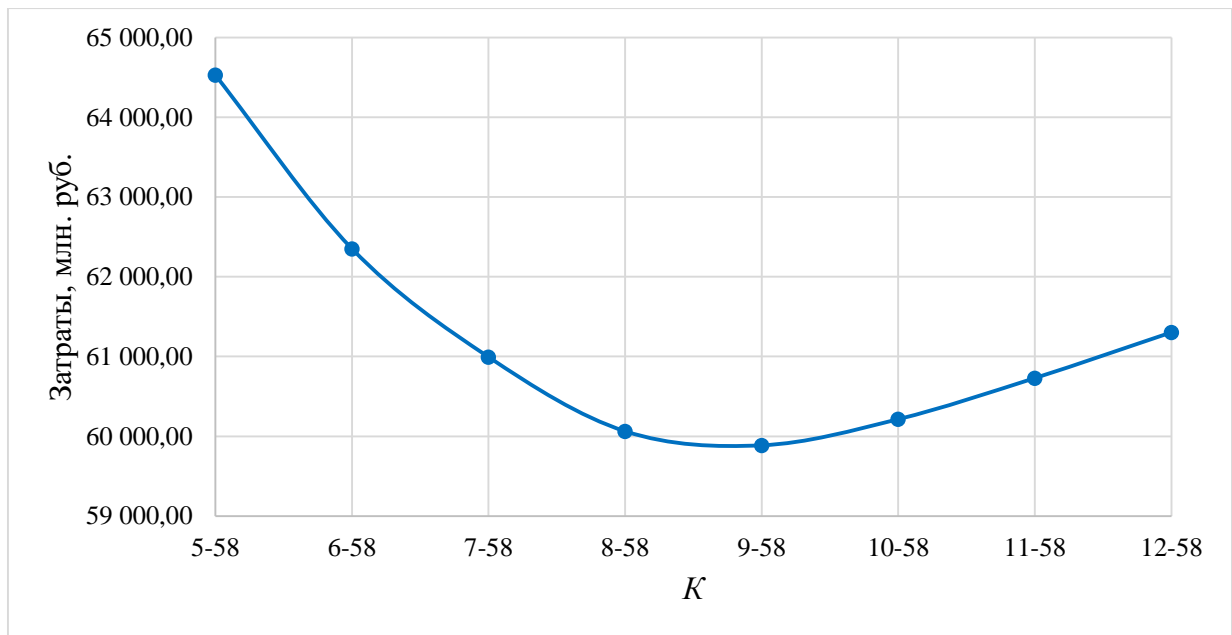


Рисунок 6.4 - График суммарных затрат для различных подоптимальных структур КТ и КНРЦ

В целом, затраты на формирование и функционирования КТС ПФО, согласно первому рассматриваемому варианту, составят 59 886 816,858 тыс. рублей.

При окончательном решении о месте создания КНРЦ необходимо руководствоваться дополнительными критериями, учитывающими особенности железнодорожных станций – кандидатов КНРЦ. Соответственно далее, применив методику многокритериального выбора для окончательного решения о месте создания КНРЦ с рассмотрением векторов параметров станций Пермь-Сортировочный, Восстание, Никель, Саратов 3, Чепецкая, Пенза 2, Костариха, Стерлитамак, Тольятти, был получен оптимальный вариант размещения КНРЦ на следующих станциях Блочная, Вахитово, Орск, Трофимовский II, Киров-Котласский, Пенза 2, Костариха, Стерлитамак, Кинель.

Результаты в графической форме для данной двухуровневой структуры КТС в рамках ПФО отображены на рисунке 6.5.

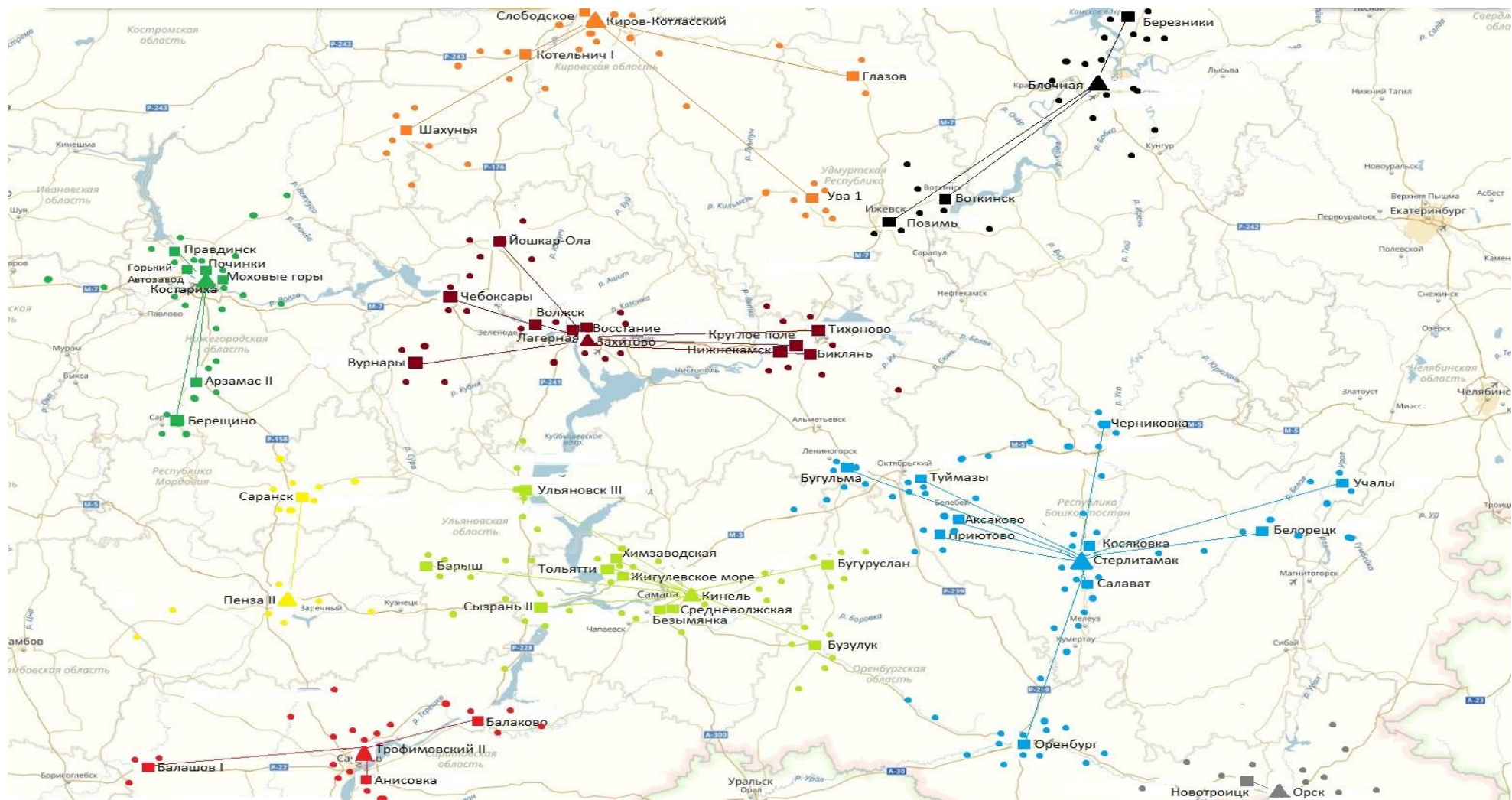


Рисунок 6.5 – Размещение двухуровневой инфраструктуры КТС на территории ПФО, согласно первому варианту



*Вторая задача.* Был рассмотрен вариант оптимизации размещения существующего количества КТ по территории ПФО, учитывая размещение 900 промышленных предприятий, а также исходя из объёма производства контейнеропригодной продукции в настоящее время. Для того, чтобы произвести сравнительный анализ оптимального размещения КТ, был выбран метод *k-means* «с проекцией» (*k-means pro*), а критерием, который выражает целевое предназначение кластеризации – определение мест расположения КТ как центров кластеров среди 145 заданных станций сети железных дорог ПФО. Количество центров (КТ) задано  $k=58$ . То есть при проектировании заданы ресурсы на создание всех КТ и известна средняя нормативная стоимость одного КТ. В этом случае, затраты на создание всех КТ не оптимизировались, и в качестве критерия выступали затраты на перевозку грузов от всех клиентов до своих КТ. Затем относительно получившегося размещения необходимо было найти оптимальное количество КНРЦ, учитывая затраты на их создание, места размещения и общие затраты на функционирование проектируемой КТС.

В результате произведенных расчетов, структура с наименованием КТ, КНРЦ и основными показателями приведена в приложении Е.

Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ представлены в приложении Ж и на рисунке 6.6.

Затраты на подвоз продукции от клиентов до КТ составят 20 581 339,333 тыс. рублей. Затраты на перевозку от КТ до КНРЦ составят 12 262 371,106 тыс. рублей. В целом, затраты, связанные с организацией доставки контейнерных грузов от всех клиентов до своих КНРЦ, составят 32 843 720,439 тыс. рублей.

Затраты на создание и функционирования структуры первого уровня составят 41 461 939,333 тыс. рублей. Затраты на формирование сети КНРЦ - структуры второго уровня - составят 31 702 371,106 тыс. рублей. Общие затраты на формирование и функционирования КТС ПФО, согласно второму рассматриваемому варианту, составят 73 164 310,440 тыс. рублей.

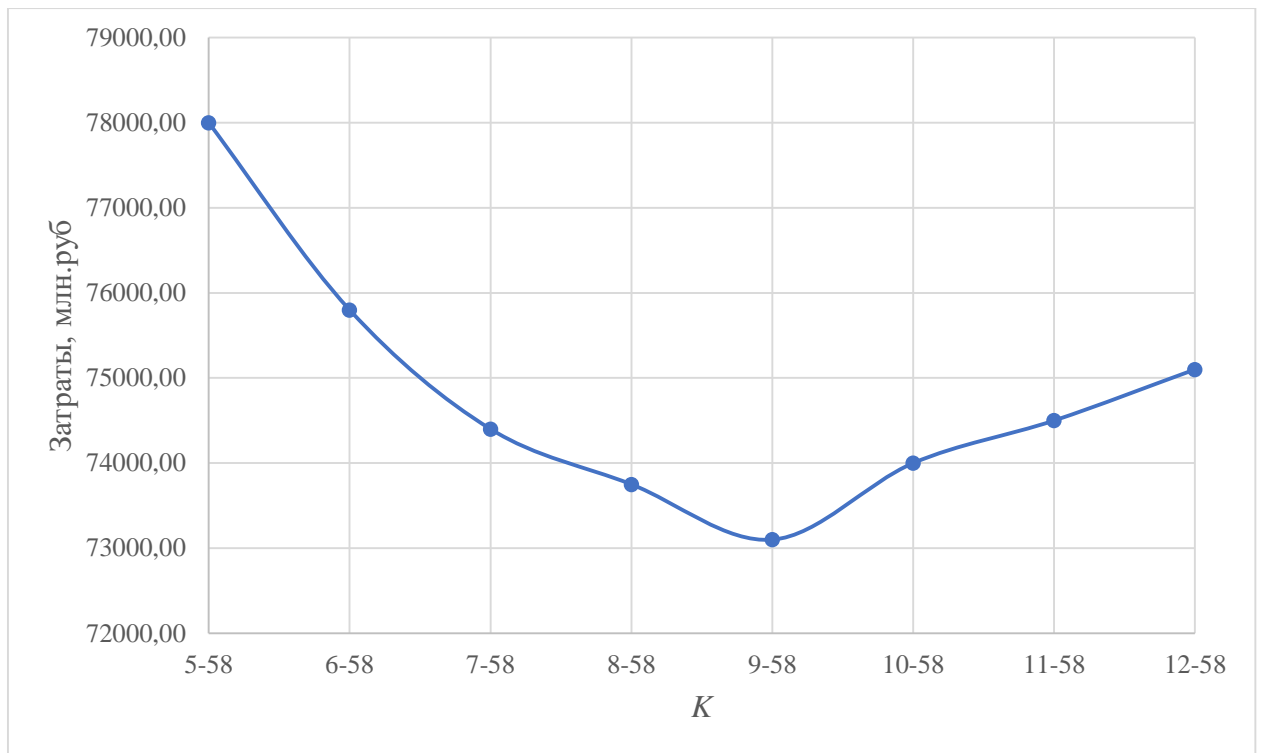


Рисунок 6.6 – График суммарных затрат для различных подоптимальных структур сетей КТ и КНРЦ

Производя сравнительный анализ результатов расчетов по первому и второму вариантам, видно, что при оптимизации размещения КТ, согласно сложившимся условиям по размещению и объемам производств предприятий ПФО, их затраты на подвоз продукции к КТ при прочих равных условиях сократились на 7 365 187,525 тыс. рублей. Кроме того, расчеты показывают, что количество заданных 58 кластеров (КТ) избыточно и 3 из них не будут обеспечены загрузкой. Также эксперимент показал, что после оптимизации размещения первого уровня КТС ПФО, сократятся расходы на функционирование второго уровня КТС ПФО, а именно: затраты на перевозку контейнеров от КТ до КНРЦ на 237 918,894 тыс. рублей.

Общие затраты, связанные с организацией перевозки при формировании инфраструктуры, согласно оптимизационным расчетам по второму варианту, сократились на 7 603 096,419 тыс. рублей.

Проанализировав территориальные изменения в размещении КТ, было выявлено, что только 54 % КТ размещены оптимально, согласно

существующему расположению грузовой базы контейнеропригодной продукции. КТ на 27 станциях не обеспечены грузовой базой, т.е. при существующем расположении грузовладельцев не сбалансированы должным образом с развитием центров промышленного производства, не поддержаны товарными и людскими потоками, которые должны обеспечить загрузку и их эффективное функционирование. Результаты в графической форме для данной двухуровневой структуры представлены на рисунке 6.7.

*Третья задача.* В данном варианте произведенных расчетов было задано следующее условие: существует сеть из  $k=58$  КТ с заданными координатами и  $n=900$  предприятий ПФО. В разделе 6.3 было выявлено, что практически в каждой области или республике ПФО планируется строительство транспортно-логистических объектов. Необходимо дополнительно оптимальным образом разместить, согласно произведенному выше анализу, ещё 29 КТ относительно существующей сети. В связи с этим, задано условие  $k=87$ .

То есть при проектировании заданы ресурсы на создание всех КТ и известна средняя нормативная стоимость одного КТ. В этом случае, затраты на создание всех КТ не оптимизировались, учитывались приведенные капитальные вложения на создание вновь строящихся 29 терминальных объектов, и в качестве критерия выступали затраты на перевозку грузов от всех клиентов до своих КТ. Затем относительно получившегося размещения необходимо было найти оптимальное количество КНРЦ, учитывая затраты на их создание, места размещения и общие затраты на функционирование проектируемой сети.

В результате произведенных расчетов, приведенных в приложении И и К, был получен оптимальный вариант размещения 87 КТ, т.е.  $58 + 29$ , с 8 КНРЦ.

Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ представлены в приложении К и на рисунке 6.8.

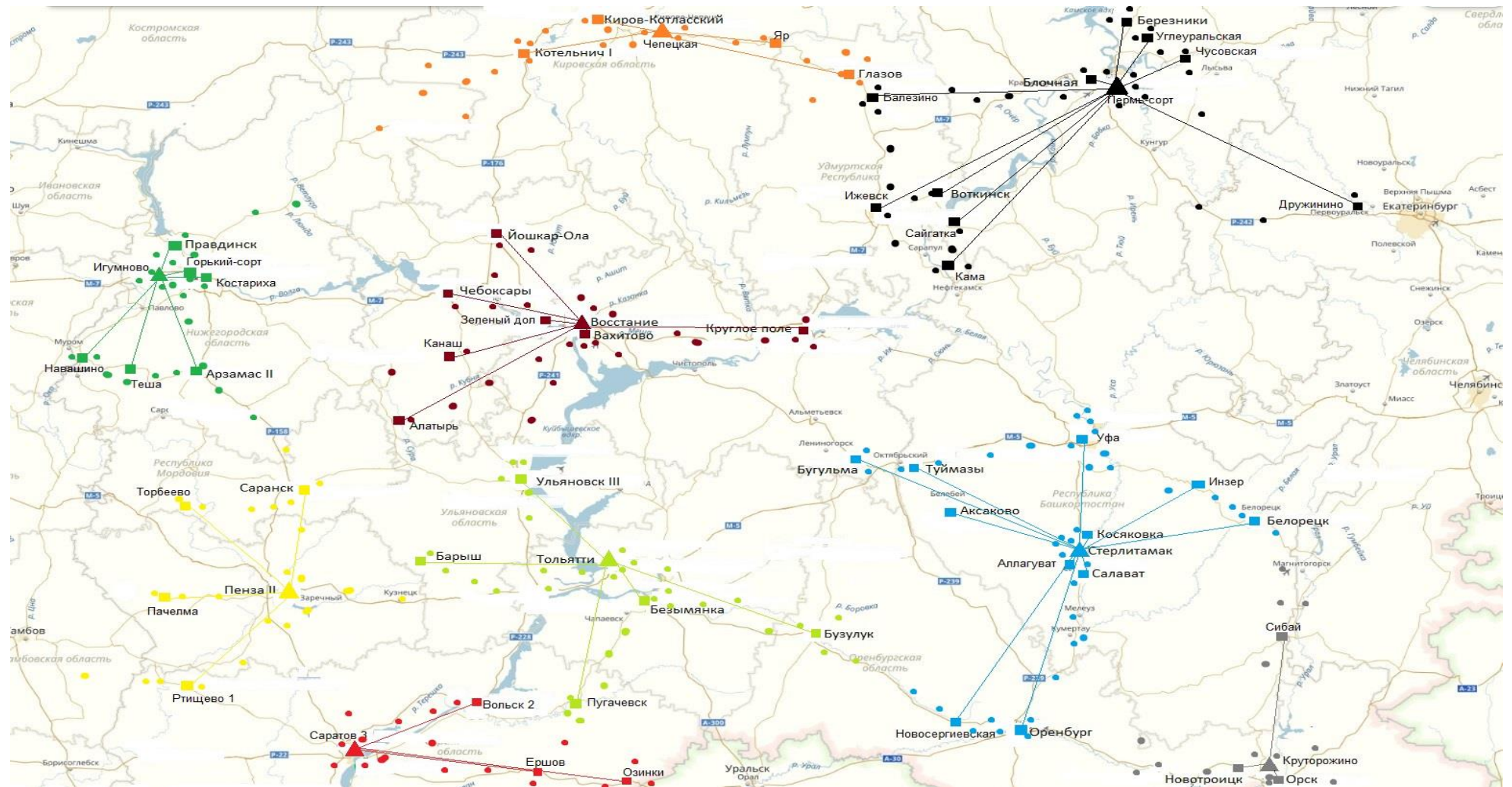


Рисунок 6.7 - Размещение двухуровневой инфраструктуры КТС на территории ПФО, согласно второму варианту

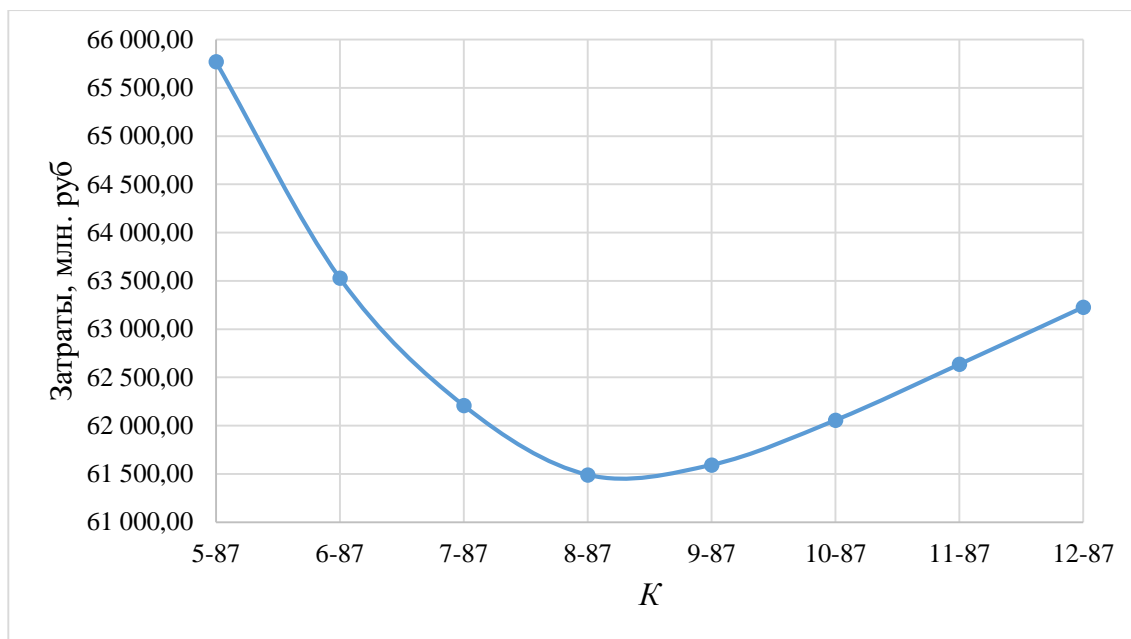


Рисунок 6.8 – График суммарных затрат для различных подоптимальных структур сетей КТ и КНРЦ

По результатам произведенных расчетов было проанализировано территориальное размещение планируемых к строительству новых 29 транспортно-логистических объектов. Результаты анализа представлены в таблице 6.1, из которого видно, что в некоторых случаях намеченные к строительству в областях ПФО объекты терминально-логистической инфраструктуры будут не востребованы, а в других областях, наоборот, ожидается дефицит терминально-логистических мощностей.

Это связано с тем, что при планировании развития транспортно-логистической инфраструктуры региональные правительства не учитывают должным образом расположение терминально-логистических мощностей на территории соседних областей, не увязывают их в единую технологическую цепочку доставки контейнеров, не проводят анализ контейнеропригодной продукции, производящейся и/или добываемой на территории регионов.

По результатам произведенных расчетов затраты на создание и функционирования структуры первого уровня составят 29 160 095,667 тыс. рублей.

Таблица 6.1 – Сравнительный анализ планируемого развития терминально-логистических мощностей в рамках ПФО

Область	Количество планируемых к строительству терминальных объектов	Результаты расчетов (количество необходимых терминальных объектов)	Территориальное размещение
Башкортостан	2	2	Мелеуз, Уфа
Чувашия	-	1	Канаш
Удмуртия	1	4	Балезино, Кама, Сайгатка, Яр
Кировская	2	2	Лянгасово, Чепецкая
Мордовия	1	1	Красный Узел
Марий Эл	-		
Нижегородская	4	2	Игумново, Навашино
Оренбургская	3	3	Круторожино, Кувандык, Новосергиевская
Пензенская	1	1	Пачелма
Пермский край	-	4	Осенцы, Углеуральская, Чепца, Чусовская
Самарская	5	3	Новокуйбышевск, Новоотрадная, Октябрьск
Саратовская	5	4	Вольск 2, Князева, Пугачевск, Ртищево 1
Татарстан	4	2	Кульшарипово, Нуя
Ульяновская	1		

Затраты на формирование сети КНРЦ - структуры второго уровня - составят 32 330 665,382 тыс. рублей. Затраты на подвоз продукции от клиентов до КТ составят 18 720 095,667 тыс. рублей. Затраты на перевозку от КТ до КНРЦ - 15 050 665, 382 тыс. рублей. В целом, затраты, связанные с организацией доставки контейнерных грузов от всех клиентов до своих КНРЦ, составят 33 770 761,049 тыс. рублей.

Общие затраты на формирование и функционирования КТС ПФО, согласно третьему рассматриваемому варианту, составят 61 490 761,5 тыс. рублей.

Из полученных результатов видно, что при увеличении числа терминальных объектов, затраты грузовладельцев на подвоз грузов к КТ сократились по отношению к первому варианту на 9 226 431, 191 тыс. рублей.

Однако при этом увеличиваются расходы на доставку контейнеров с КТ на КНРЦ. Так, по отношению к первому рассматриваемому варианту расходы увеличились на 2 550 375,382 тыс. рублей.

Общие затраты, связанные с организацией перевозки при формировании инфраструктуры, согласно оптимизационным расчетам по третьему варианту, относительно первого сократились на 6 676 055,809 тыс. рублей.

Результаты в графической форме для данной двухуровневой структуры КТС в рамках ПФО отображены на рисунке 6.9.

*Четвёртая задача.* В предыдущих экспериментальных расчетах результат кластеризации для первого уровня КТС ПФО определялся заданием числа кластеров, т.е. изначально было известно количество КТ и нужно было найти их оптимальное месторасположение. В этом случае, затраты на создание всех КТ не оптимизировались, и в качестве критерия выступали затраты на перевозку грузов от всех клиентов до своих КТ. На втором уровне число и место расположение КНРЦ определялось из условия целевого критерия оптимизации: сумма затрат на создание и перевозку. Это объясняется тем, что расчеты производились с учетом имеющейся инфраструктуры, и необходимо было проверить насколько она соответствует существующему в настоящее время распределению грузовладельцев.

Поэтому следующим экспериментом (четвертый вариант) был расчет двухуровневой КТС ПФО для  $n = 900$  предприятий, исходя из условий оптимального количества КТ и КНРЦ, которое соответствует заданным критериям, оптимизируя затраты на перевозку и затраты на создание как первого уровня сети, так и второго.

Результаты расчетов представлены в приложении Л. Получен оптимальный вариант 43 КТ и 8 КНРЦ.



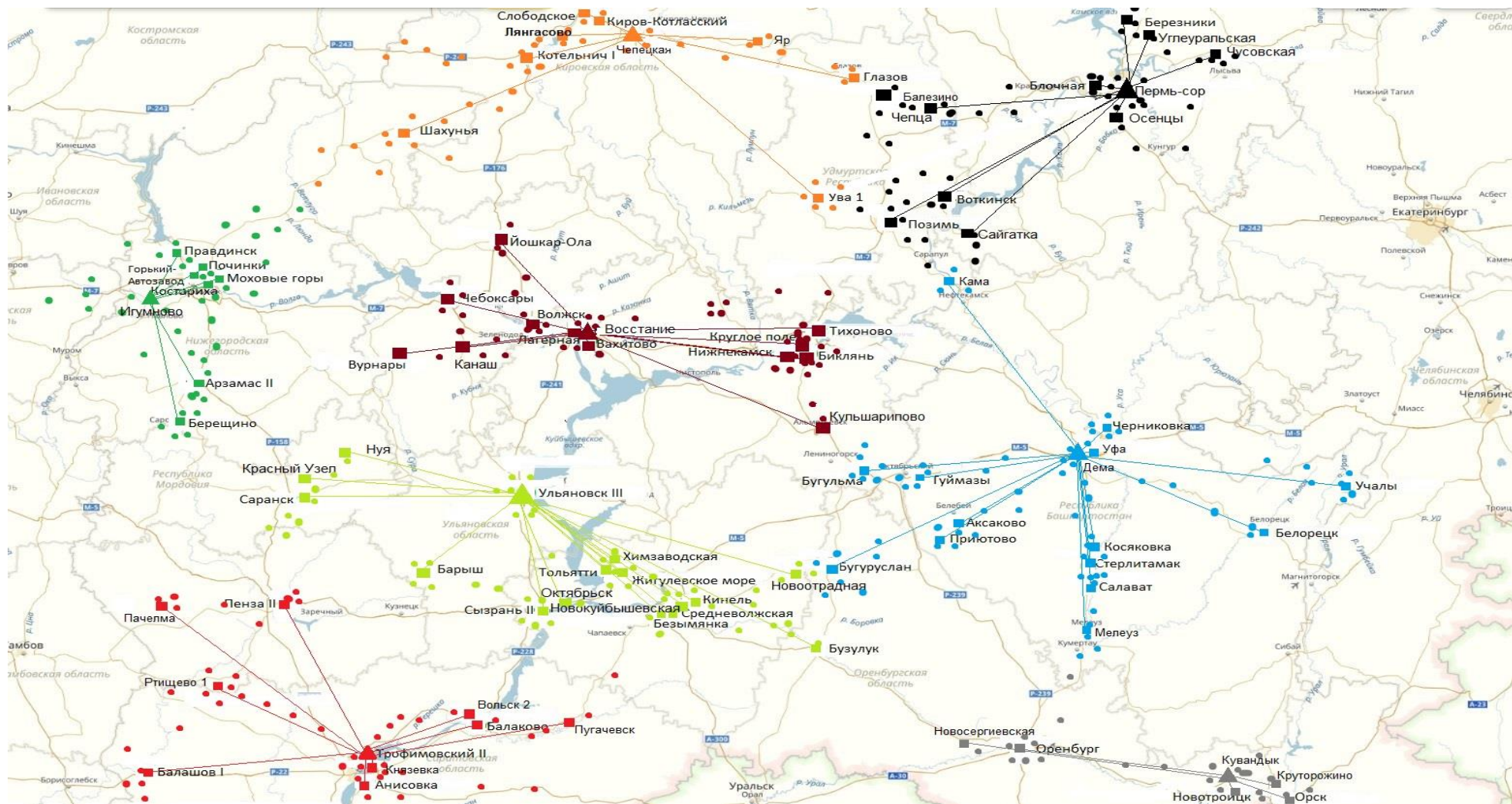


Рисунок 6.9 - Размещение двухуровневой инфраструктуры КТС на территории ПФО, согласно третьему варианту



Для исходных данных, путем многократных просчетов, были получены 21 вариант сетей КТ с количеством от  $k = 35$  до  $k=55$ . При этом, оптимальное количество  $k$ , удовлетворяющее сумме минимальных затрат на перевозку до КТ и затрат на создание КТ, равнялось  $k=43$ . Далее для каждого из 21 вариантов строились оптимальные варианты сетей КНРЦ, от  $K=5$  до  $K=12$ . Оптимальным  $K$ , минимизирующим суммарные затраты на перевозки от КТ до КНРЦ и стоимость создания КНРЦ, в результате эксперимента получилось  $K=8$ .

После получения данных о соответствующих затратах для 21 варианта расположения КТ и 8-ми вариантов расположения КНРЦ (всего было рассмотрено 168 комбинаций структур двухуровневой сети), была найдена оптимальная структура: 43 КТ и 8 КНРЦ. Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ представлены в приложении М. На рисунке 6.10 построен график на основании минимальных значений в каждой из рассмотренных комбинаций структур двухуровневой сети.

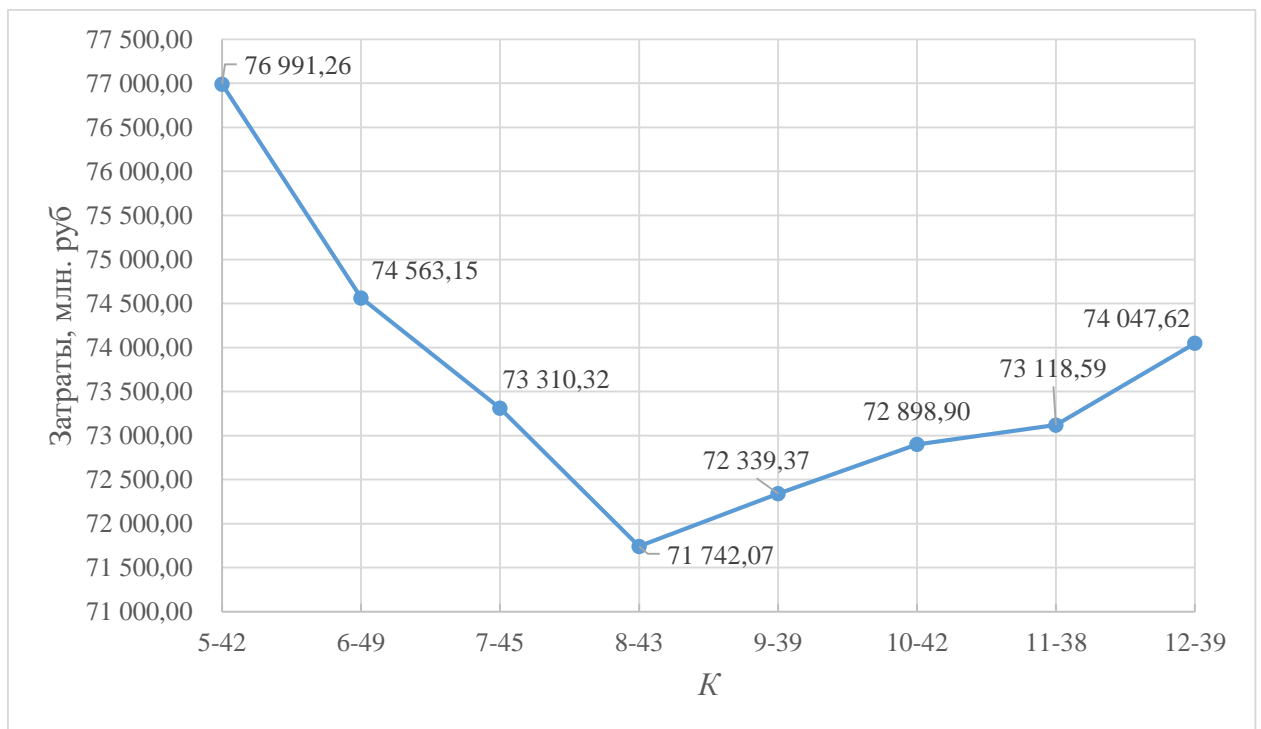


Рисунок 6.10 - График суммарных затрат для различных подоптимальных структур сетей КТ и КНРЦ

Затраты на создание и функционирование структуры первого уровня составили 40 014 192,166 тыс. рублей. Затраты на формирование и функционирование сети КНРЦ (структуры второго уровня) составили 31 725 180,539 тыс. рублей. Затраты на подвоз продукции от клиентов до КТ составят 25 974 192,166 тыс. рублей. Затраты на перевозку от КТ до КНРЦ - 12 285 180,539 тыс. рублей. В целом, затраты, связанные с организацией доставки контейнерных грузов от всех клиентов до своих КНРЦ, составят 38 259 372,705 тыс. рублей.

Общие затраты на формирование и функционирования КТС ПФО, согласно четвёртому рассматриваемому варианту, составили 71 739 372,706 тыс. рублей.

Анализируя результаты расчетов по последнему варианту, видно, что затраты клиентов на подвоз грузов на КТ сократятся на 1 972 334,692 тыс. рублей. Затраты на перевозку контейнеров между КТ и КНРЦ - на 215 109,461 тыс. рублей.

Общие затраты, связанные с организацией перевозки при формировании инфраструктуры, согласно расчетам по четвёртому варианту, относительно первого сократились на 2 187 444,153 тыс. рублей.

Кроме того, был произведен многокритериальный выбор окончательного варианта размещения КНРЦ с рассмотрением векторов параметров станций Чепецкая, Восстание, Пермь-Сортировочная, Трофимовский II, Круторожино, Тольятти, Стерлитамак, Зелецино и получен вариант оптимального размещения КНРЦ на следующих станциях: Чепецкая, Вахитова, Блочная, Трофимовский II, Орск, Тольятти, Стерлитамак, Зелецино.

Результаты в графической форме для данной двухуровневой структуры КТС в рамках ПФО отображены на рисунке 6.11.

Исходя из расчётов, оптимальным в настоящих условиях является вариант, учитывающий формирование современной КТС на основе уже существующей инфраструктуры.

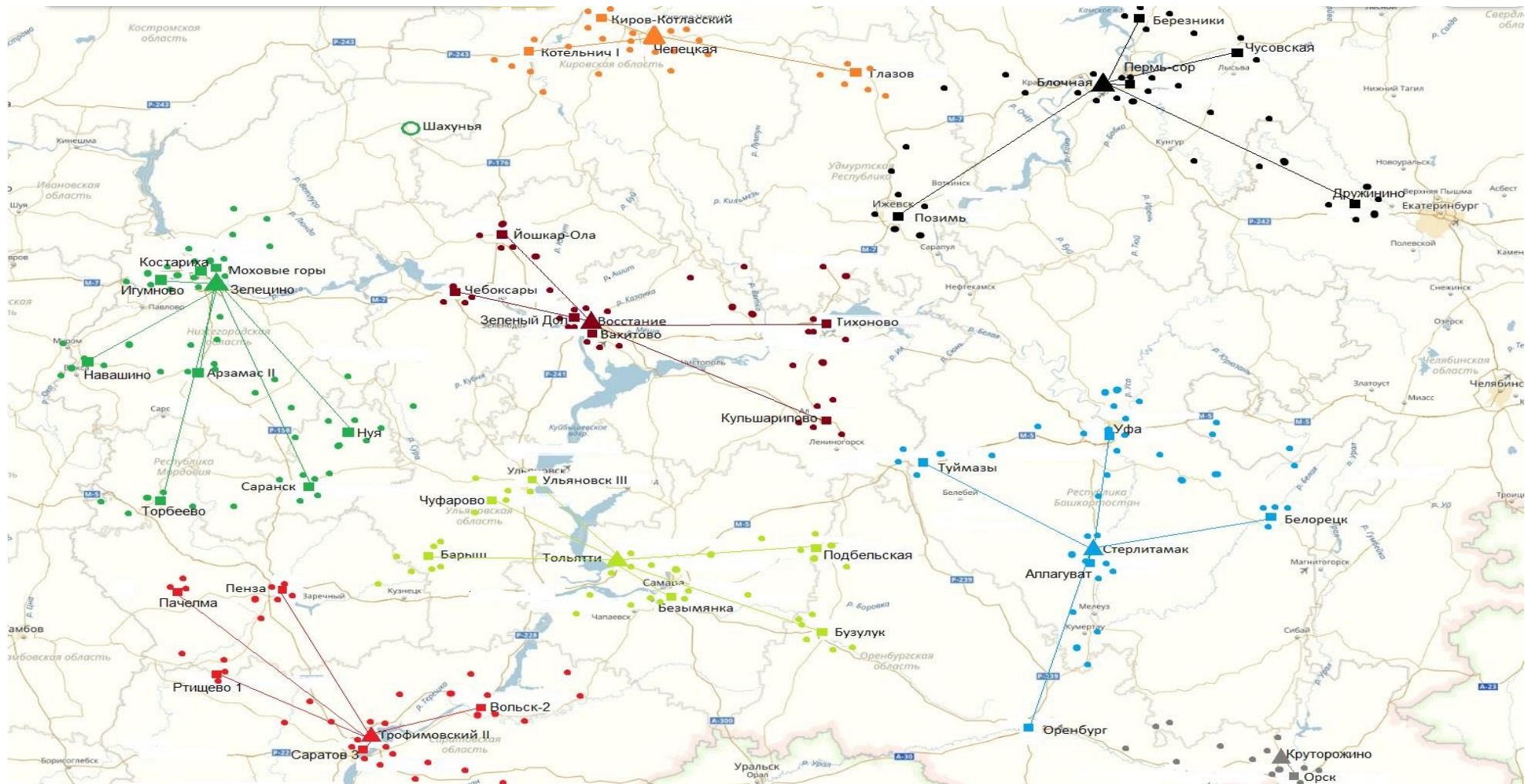


Рисунок 6.11 - Размещение двухуровневой инфраструктуры КТС на территории ПФО, согласно четвертому варианту

Необходимо отметить, что намеченные к строительству объекты транспортно-логистической инфраструктуры в различных областях ПФО, не учитывают их взаимосвязь с терминально-логистическими мощностями соседних областей, не увязывают их в единую технологическую цепочку доставки контейнеров с использованием перспективных транспортных продуктов, таких как контейнерные поезда, не учитывают взаимосвязь с единой КТС страны. В связи с этим, их строительство и дальнейшая эксплуатация может не дать ожидаемых эффектов как для регионов и областей, так и для страны в целом.

### **6.5 Выводы по главе**

1. Разработаны методика и алгоритм моделирования двухуровневой терминально-логистической инфраструктуры КТС и произведена апробация предложенной концепции на основе разработанного практического инструментария, позволяющего производить эксперименты для выбора наиболее эффективной структуры КТС.

2. Получены количественные зависимости оптимальных показателей затрат от количества терминальных объектов, дающих основу для принятия научно обоснованных решений на стадии разработки проектов инфраструктуры КТС в рамках территорий федеральных округов или всей страны.

3. Проведены практические расчеты для 900 предприятий и 145 железнодорожных станций, расположенных на территории Приволжского федерального округа.

Экспериментальные исследования проводились по различным вариантам постановок задач оптимизации размещения терминально-логистических объектов:

1) Определить на существующей сети КТ ПФО необходимое количество КНРЦ и места их размещения.

2) Определить оптимальное место расположение существующего количества КТ в ПФО согласно современному распределению грузовой базы. Относительно получившейся новой структуры первого уровня определить необходимое количество КНРЦ и места их размещения.

3) С учетом существующей сети КТ ПФО оптимальным образом разместить планируемые к строительству (согласно постановлениям областей и республик ПФО) новых 29 транспортно-логистических объектов. Относительно получившейся сети разместить КНРЦ.

4) На рассматриваемой территории ПФО создать двухуровневую сеть терминально-логистических объектов КТС, исходя из уровня контейнерной привлекательности республик и областей, в соответствии с заданными критериями оптимизации.

4. Произведён анализ стратегий развития терминально-логистической инфраструктуры субъектов, входящих в состав ПФО. Выявлено, что планируется строительство двадцати девяти терминально-логистических центров. В тоже время отсутствует системный подход к развитию терминально-логистической инфраструктуры, способный увязать их в единое экономическое пространство, разработке общей концепции развития маршрутов доставок контейнерных грузов. По многим проектам нет понимания и обоснования места размещения терминально-логистических объектов, не скоординированы объёмы перевозок контейнеров с существующей инфраструктурой.

5. Проанализировав территориальные изменения в размещении КТ по существующему варианту расположения и расчетному, было выявлено, что только 54 % КТ ПФО в настоящее время размещены оптимально существующему расположению грузовой базы контейнеропригодной продукции, т.е. предприятиям, добывающим и/или производящим данную продукцию. КТ на 27 станциях не обеспечены грузовой базой, т.е. при

существующем расположении грузовладельцев не сбалансированы должным образом с развитием центров промышленного производства, локализацией потребительского спроса, не поддержаны товарными и людскими потоками, которые должны обеспечить загрузку и их эффективное использование.

6. По результатам проведенных экспериментов установлено, что оптимальным в настоящих условиях является вариант, учитывающий формирование современной КТС на основе уже существующей инфраструктуры. Он показывает реальную возможность сократить расходы, связанные с доставкой контейнеров, и оптимизировать расходы клиентов. Так результаты расчетов показывают сокращение расходов клиентов на доставку своей продукции на КТ на 33 %. Общие затраты, связанные с организацией перевозки при формировании инфраструктуры, согласно оптимизационным расчетам по третьему варианту, относительно существующего, сократились на 6 676 055,809 тыс. рублей, что, в свою очередь, подтверждает необходимость развития и строительства новых терминально-логистических мощностей, но с учетом развития центров промышленного производства, которые должны обеспечить загрузку и эффективное использование объектов транспортно-логистической инфраструктуры.

7. Проведенные экспериментальные расчеты по критерию суммарных затрат на перевозку и создание двухуровневой сети КТС показали возможность оценки оптимального количества КТ, КНРЦ и их географического расположения при минимизации этого критерия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации автором разработана методология организации функционирования контейнерно-транспортной системы на основе клиентоориентированной организации перевозок грузов. Это позволяет с научной точки зрения подойти к эффективному внедрению перспективных транспортных продуктов, таких как контейнерные поезда, более обосновано планировать развитие транспортно-логистической инфраструктуры, рассчитывать места размещения и мощность планируемых к строительству и существующих терминально-логистических объектов, а также более точно оценивать эффективность инвестиций в развитие КТС.

В том числе получены следующие результаты.

1. Разработаны теоретико-методологические основы формирования и организации функционирования контейнерно-транспортной системы в условиях массового внедрения технологии контейнерных поездов, а также предложена концептуальная модель двухуровневой терминально-логистической инфраструктуры КТС, основанная на принципах клиентоориентированности.

2. Формализовано понятие «уровень контейнеризации», исследованы возможные варианты определения уровня контейнеризации и рекомендован свой вариант его определения. Введен новый показатель «уровень контейнерной привлекательности региона», характеризующий его потенциал в части развития контейнерных перевозок.

3. Разработана методика определения уровня контейнерной привлекательности региона, учитывающая контейнеропригодность производимой (добываемой) на его территории продукции, развитие транспортной инфраструктуры данного региона, а также прогноз изменения социально-экономической ситуации в регионе и государстве.

4. Разработана математическая модель многокритериальной оценки уровня контейнеропригодности производимой (добываемой) продукции, позволяющая определять контейнеропригодность конкретной грузовой базы.

5. Выявлено, что математическое моделирование и решение задач оптимального выбора мест размещения терминально-логистических объектов транспортной системы при помощи графовых моделей и методов математического программирования при многих комбинаторных ограничениях приводят к сложным вычислительным процедурам переборного характера, что не позволяет применять их в рамках территорий федеральных округов или всей страны.

6. Для решения общей задачи создания оптимальной двухуровневой сети контейнерных перевозок, реализующей технологию контейнерных поездов на принципах клиентоориентированности, предлагается применение единой методологии, основанной на известных и развитых методах кластерного анализа, позволяющих производить разбиение множества объектов на подмножества со своими центрами, обладающими оптимальными свойствами. Это позволило решить задачи оптимизации размещения объектов терминально-логистической инфраструктуры, определения их потребного количества и мощности, с учётом минимизации транспортных затрат и инвестиций.

7. На основе классического метода кластеризации *k-means* разработан новый метод кластеризации *k-means pro*, позволяющий решать задачу кластеризации с проекцией на железнодорожную сеть, и обосновано его применение для решения практических задач, связанных с размещением транспортно-логистической инфраструктуры.

8. Разработаны математические модели определения количества КТ и мест их размещения на основе методов кластеризации, позволяющие решать поставленные задачи при наличии инвестиционных ограничений, и/или когда часть множества КТ уже задана.

9. Разработана математическая модель определения количества и мест размещения КНРЦ на основе методов кластеризации, позволяющая



взаимно увязывать различные исходные параметры производств и железнодорожной сети с разнообразными целевыми характеристиками.

10. Разработана методика для расчета оптимального варианта сети КНРЦ с учетом дополнительных характеристик железнодорожных станций-кандидатов на основе многокритериального выбора, позволяющая с применением методов векторной оптимизации, практически определить оптимальные места создания КНРЦ при известных инвестиционных затратах (количество КНРЦ задано), а также количественно оценить оптимальное количество создаваемых КНРЦ (количество КНРЦ не задано).

11. Получены количественные зависимости показателей затрат на перевозку в оптимально расположенные терминально-логистические объекты от их количества, дающие основу для проектирования инфраструктуры КТС. При многократных практических расчетах для Приволжского федерального округа на основе полученных зависимостей было выбрано 87 КТ и 8 КНРЦ.

12. Разработаны алгоритм моделирования двухуровневой терминально-логистической инфраструктуры КТС и практический инструментарий, позволяющие реализовать предложенные модели и методы при различных критериях оптимизации, и получать как табличные цифровые данные для эскизного проектирования, так и графическое изображение месторасположения спроектированных терминально-логистических объектов на карте территории.

13. Приведены примеры конкретного применения разработанных моделей и методов для оптимизации КТС на примере Приволжского федерального округа и определен экономический эффект, показывающий сокращение расходов клиентов на доставку своей продукции на КТ на 33 %, что составляет 9,3 млрд. руб./год. Общие затраты, связанные с организацией перевозки при формировании инфраструктуры, согласно оптимизационным расчетам по оптимальному варианту, относительно существующего, сократились на 6,7 млрд. руб./год.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абрамов, А.А. Оптимизация параметров и размещения контейнерных пунктов в железнодорожных узлах: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / А.А. Абрамов. – М., 1984. – 258 с.
2. Абрамов, А.А. К расчету оптимальной емкости контейнерного пункта / А.А. Абрамов // Труды МИИТа. – 1981. – N 676. – С.41-45.
3. Абрамов, А. П. Экономика контейнерных перевозок / А.П. Абрамов, М.Д. Эрлих – М.: Трансжелдориздат, 1956. – 96 с.
4. Айвазян, С.А. Классификация многомерных наблюдений / С.А. Айвазян, З.И. Бежаева, О.В. Староверов. – Москва: Статистика, 1974. – 240 с.
5. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности: справочное издание / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин; под ред. С.А. Айвазяна. – Москва: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
6. Александров, А.Э. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей (теоретические основы, методология): автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 / А.Э. Александров. – Е., 2008. – 50 с.
7. Бабаев, С. М. Приоритетные направления развития коммерческой деятельности // Железнодорожный транспорт: научно-технический журнал. – 2015. – №2. – с. 20-24.
8. Багинова, В.В. Теоретико-концептуальные основы организации региональной транспортной системы: на примере Республики Бурятия: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / В.В. Багинова. – М., 2004. – 296 с.
9. Балалаев, А.С. Методология транспортно-логистического взаимодействия при мультимодальных перевозках: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / А. С. Балалаев. – Х., 2010. – 48 с.
10. Банек, Т.С. Выбор оптимального числа опорных станций на участках. Принципы размещения и проектирования складов для грузов

сельского хозяйства / Т.С. Банек, Н.В. Правдин, А.И. Шелеляв // Вопросы проектирования и организации работы станций. – 1965. – С. 3-12.

11. Баскаков, П.В. Контейнерные и контрейлерные перевозки грузов / П.В. Баскаков, Л.Н. Матюшин. – Москва: Интеграция, 2009. – 222 с.

12. Бауэрсокс, Д. Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок: переводное издание / Д.Дж.Бауэрсокс, Д.Дж.Клосс; пер. с англ. Н.Н. Барышниковой, Б.С. Пинскера. – 2-е изд. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. – 640 с.

13. Белов, И.В. Математические методы в планировании на железнодорожном транспорте / И.В. Белов, А.Б. Каплан. – Москва: Транспорт, 1972. – 248 с.

14. Белов, И.В. Экономика железнодорожного транспорта / И.В. Белов, В.Г. Галабурда, Н.П. Терешина. – Москва: УМК МПС России, 2001. – 600 с.

15. Бенсон, Д. Транспорт и доставка грузов / Д. Бенсон, Дж. Уайтхед. – М.: Транспорт, 1990. - 278 с.

16. Бериков, В.Б. Современные тенденции в кластерном анализе / В.Б. Бериков, Г.С. Лбов // Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН. – 2009. – С.16-21.

17. Бочкарев, А.А. Оценки влияния размещения складской сети на транспортные расходы / А.А. Бочкарев, В.С. Лукинский, О.Ю. Пеховский, И.А. Цвиринько // Экономика и менеджмент на транспорте. – 2002. – № 2. – С. 99–106.

18. Бродецкий, Г.Л. Экономико-математические методы и модели в логистике: процедуры оптимизации / Г.Л. Бродецкий, Д.А. Гусев. — Москва: Академия, 2012. - 288 с.

19. Буреева, Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП “STATISTICA”: учебно-методический материал / Н.Н. Буреева. – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.

20. Васильев, Л.В. Недифференцируемая оптимизация / Л.В. Васильев, В.Ф. Демьянов. – Москва: Наука, 1981. – 384 с.
21. Васильев, Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач: научная монография / Ф.П. Васильев. – Москва: Наука, 1980. – 520 с.
22. Владимирская, И.П. Метод оптимизации структуры транспортной системы / И.П. Владимирская, П.А. Козлов // Мир транспорта. – 2009. – № 2. – С.84-87.
23. Волкова, С.А. Контейнерные перевозки на железных дорогах за рубежом / С.А. Волкова // Транспорт: наука, техника, управление. - 2009. - № 7. - С. 39-41.
24. Гагарский, Э.А. Зарубежный и отечественный опыт перевозок наливных, насыпных и навалочных грузов в универсальных контейнерах на принципах логистики / Гагарский Э.А., Кириченко С.А. // Транспорт: наука, техника, управление. - 2009. - № 12. - С. 26-29.
25. Гагарский, Э.А. Инновационные технологии контейнерной транспортной системы и их развитие на обозримую перспективу / Э.А. Гагарский, М.М. Толкачева, С.А. Кириченко // Вестник транспорта. – 2013. - №9. – С. 2-9.
26. Галабурда, В.Г. Синергетический эффект транспорта / В.Г. Галабурда // Мир транспорта. – 2014. – № 1. – С. 96-100.
27. Галабурда, В.Г. Комплексная оценка качества транспортного обслуживания потребителей транспортных услуг / В.Г. Галабурда, Ю. И. Соколов // Фундаментальные и поисковые научно-исследовательские работы в области железнодорожного транспорта: сб. науч. тр. – М.: МИИТ, Вып. 921, 1999. – С. 54-56.
28. Галиев, Ш.И. Максимины задачи покрытий и упаковок: учебное пособие / Ш.И. Галиев. – Казань: Изд-во Казан, 1997. – 260 с.
29. ГОСТ 21390-83 (СТ СЭВ 2472-80) Контейнерная транспортная система. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 21390-75; введ. 1984.01.01.

– Москва: Межгосударственный стандарт; М.: ИПК Изд-во стандартов, переиздание, 2004. – 7 с.

30. Громов, Н.Н. Единая транспортная система: учебник для вузов / Н.Н. Громов, Т.А. Панченко, А.Д. Чудновский. – М.: Транспорт, 1987. – 304 с.

31. Грузоведение сохранность и крепление грузов / под ред. А.А. Смехова. – М.: Транспорт, 1987. - 239 с.

32. Гутникова, Л.А. Техничко-экономическое обоснование развития сети пунктов перегрузки крупнотоннажных контейнеров / Л.А.Гутникова // Вестник ВНИИЖТа. – 1977. – N 8. – С. 50-52.

33. Давыдов, Г.Е. Разработка нормативно-правовых условий развития конкуренции на рынке грузовых железнодорожных перевозок в сегменте регулярного грузового движения: выступление на заседании / Г.Е. Давыдов. – Рабочая группа по созданию Коммерческой инфраструктуры рынка грузовых железнодорожных перевозок Экспертного совета ФАС по железнодорожному транспорту. – 2015. – 14 с.

34. Дерибас, А.Т. Экономическая эффективность контейнерных перевозок / А.Т. Дерибас, М.Ф. Трихунков. – Москва: Транспорт, 1974. – 64 с.

35. Дерибас, А.Т. О концентрации грузовых операций на меньшем числе станций / А.Т. Дерибас // Железнодорожный транспорт. – 1959. – N 9. – С. 21-26.

36. Дыбская, В.В. Логистическая организация и управление складированием на предприятиях оптовой торговли: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.06 / В.В. Дыбская. – СПб., 2000. – 30 с.

37. Дубров, А.М. Многомерные статистические методы / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. – Москва: Финансы и статистика, 2000. – 352 с.

38. Дубровина, В.И. Экономическое обоснование направлений повышения конкурентоспособности железнодорожных перевозок контейнеропригодных грузов: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / В. И. Дубровина. – М.: ОАО «ВНИИЖТ», 2014. – 171 с.

39. Дуброва, Т.А. Методы многомерной классификации. Дискриминантный анализ в системе STATISTICA / Т.А. Дуброва, А.Г. Бажин, Л.П. Бакуменко. – Москва: МГУ экономики, статистики и информатики, 2002. – 83 с.
40. Дуброва, Т.А. Факторный анализ с использованием пакета “STATISTICA” / Т.А. Дуброва, Д.Э. Павлов, Н.П. Осипова. – Москва: МГУ экономики, статистики и информатики, 2002. – 63 с.
41. Дуллиев, А.М. Итерационный алгоритм проектирования точки на невыпуклое многообразие в линейном нормированном пространстве / А. М. Дуллиев, В.И. Заботин // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2004. – № 5. – С. 827-830.
42. Дюран, Б. Кластерный анализ: переводное издание / Б. Дюран, П. Оделл; пер. с англ. Е.З. Демиденко; под ред. А.Я. Боярского. – Москва: Статистика, 1977. - 128 с.
43. Еремеев, А.В. Задача о покрытии множества: сложность, алгоритмы, экспериментальные исследования / А.В. Еремеев, Л.А. Заозерскал, А.А. Колоколов // Дискретный анализ и исследование операций. – 2000. – Серия 2, том 7, № 2. – С. 22-46.
44. Есипов, Б.А. Исследование алгоритмов решения обобщенной задачи о минимальном покрытии / Б.А. Есипов, В.В. Муравьев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – № 4(2). – С. 308-312.
45. Есипов, Б.А. Методы исследования операций: учебное пособие / Б.А. Есипов. — 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Изд-во Лань, 2013. - 304 с.
46. Жамбю, М. Иерархический кластер-анализ и соответствия: переводное издание / М. Жамбю; пер. с фр. Б.Г. Миркин. – Москва: Финансы и статистика, 1988. – 345 с.
47. Жиглявский, А.А. Методы поиска глобального экстремума / А.А. Жиглявский, А.Г. Жилинскас. – Москва: Наука, 1991. – 248 с.

48. Заботин, Я.И. К сходимости методов отыскания минимакса / Я.И. Заботин, М.И. Крейнин // Известия ВУЗов. Математика. – 1977. – № 10. – С. 56-64.
49. Закон республики Мордовия от 1.10.2008 №94-3 «О стратегии социально-экономического развития республики Мордовия до 2025 года».
50. Закон Пензенской области от 4.09.2007 №1367-ЗПО «О стратегии социально-экономического развития Пензенской области на долгосрочную перспективу (до 2030 года)».
51. Зябиров, Х.Ш. Современные технологии в управлении перевозочным процессом на железнодорожном транспорте / Х.Ш. Зябиров, И.Н. Шапкин. – Москва: Финансы и статистика: Транспорт, 2006. – 480 с.
52. Ибрагимова, С.Р. Алгоритмы точной классификации аэрокосмических изображений // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 1. – С. 8-13.
53. Иловайский, Н.Д. Маркетинг в грузовых перевозках / Иловайский Н.Д., Король В.А. // ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1995. – 248 с.
54. Имитационное моделирование производственных систем / под общ. ред. А.А. Вавилова. – Москва: Машиностроение, 1983. – 416 с.
55. Католиченко, В.А. Совершенствование системы специализации на контейнерных пунктах // Вестник ВНИИЖТ. - 1965. - №7. - С. 46-50.
56. Калтахчян, А.Т. Теоретические основы оптимизации технологической оснащенности погрузочно-разгрузочных, транспортно-складских работ на железнодорожном транспорте СССР: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 / А.Т. Калтахчян. – М.,1982. – 355 с.
57. Кини, Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа. – Москва: Радио и связь, 1981. – 560 с.
58. Кириченко, А.В. Моделирование контейнерооборота морской транспортной системы на основе математического аппарата гравитационной

модели / А.В. Кириченко, Н.Н. Майоров, В.А. Фетисов // Вестник ГУМРФ. – 2015. – № 5 (33). – С. 26-33.

59. Кириченко, А.В. Моделирование процесса обращения контейнерных поездов в структуре сухого порта с применением технологии «блок-трейн» / А.В. Кириченко, М.О. Малыхин // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – № 1 (56). – С. 34-36.

60. Кириллова, А.Г. Методология организации контейнерных и контрейлерных перевозок в мультимодальных автомобильно-железнодорожных сообщениях: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / А. Г. Кириллова. – М., 2010. – 47 с.

61. Кириллова, А.Г. Оптимальный выбор расположения терминала как логистического центра при организации контейнерных и контрейлерных перевозок / А.Г. Кириллова // Транспорт: наука, техника, управление. - 2010. – № 10. – С. 22-25.

62. Кларк, Ф. Оптимизация и негладкий анализ: переводное издание / Ф. Кларк; пер. с англ. Ю.С. Ледяева; под ред. В.И. Благодатских. – Москва: Наука, 1988. – 280 с.

63. Клепиков, В.П. Методология комплексного развития транспортных систем в проектах взаимодействия железнодорожного и морского транспорта: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / В.П. Клепиков. – М., 2007. – 48 с.

64. Климова, Н.В. Стабилизация отправления контейнерных блок-поездов по расписанию на станциях примыкания тыловых логистических терминалов в транспортном узле / Н.В. Климова, Г.М. Грошев, А.Г. Котенко, И.Р. Романова // Известия ПГУПС. – 2016. – № 3. – С. 410-420.

65. Кобзев, С.А. О резервах производственных мощностей в условиях множественности операторов подвижного состава / С.А. Кобзев, В.А. Шаров // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 8. – С.16-22.



66. Коган, Л.А. Типы параметров и средства механизации контейнерных пунктов / Л.А. Коган, Л.А. Гутникова // Железнодорожный транспорт. – 1978. – N 1. – С. 24-28.

67. Коган, Л.А. Контейнерная транспортная система / Л.А. Коган, Ю.Т. Козлов, М.Д. Ситник и др. / под ред. Л.А. Когана. – 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1991. — 254 с.

68. Кожевников, Ю.В. Теория вероятности и математическая статистика: учебное пособие для вузов / Ю.В. Кожевников. – Москва: Машиностроение, 2002. – 416 с.

69. Кожевников, Ю.Н. Методика расчета себестоимости перевозок отдельных родов грузов по направлениям / Ю.Н. Кожевников, Б.М. Лапидус, Н.Г. Смехова, М.В. Сугрובה, Н.П. Терешина. – Москва: МИИТ, 2000. – 32 с.

70. Козлов, П.А. Теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации гибкой технологии транспортного обслуживания заводов черной металлургии: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.12 / П.А. Козлов. – Л., 1988. – 350 с.

71. Козлов, П.А. Имитационная экспертиза проектов развития инфраструктуры / П.А. Козлов, Н.А. Тушин // Мир транспорта. – 2011. – № 2. – С. 22-25.

72. Козлов, П.А. Организационные подходы и модели оптимизации / П.А. Козлов, И.В. Осокин, В.Ю. Пермикин // Мир транспорта. – 2011. – № 5. – С. 18-23.

73. Козлов, П.А. Технологические проблемы железнодорожного транспорта и пути их решения / П.А. Козлов, О.В. Осокин // Наука и техника транспорта. – 2012. – № 2. – С. 99-101.

74. Козлов, Ю.Т. Выбор схемы размещения пунктов переработки контейнеров / Ю.Т. Козлов, А.Ф. Горшков, Е.И. Попова, Л. А. Гутникова // Вестник ВНИИЖТ. -1977. - №5. - С. 39-42.

75. Колесниченко, А.Н. Международные транспортные отношения: монография / А.Н. Колесниченко. – М.: О-во сохранения лит. наследия, 2013. – 216 с.
76. Комаров, А.В. Взаимодействие железнодорожного и водного транспорта в смешанных сообщениях. – М.: Речной транспорт, 1957. – 212 с.
77. Комаров, А.В. Исследование взаимодействия железнодорожного, водного и автодорожного транспорта в смешанных сообщениях: дис. ... д-ра техн. наук / ИКТП АН СССР. – М.: 1956.
78. Коннов, И.В. Методы недифференцируемой оптимизации: учебное пособие / И.В. Коннов. – Казань: Изд-во КГУ, 1993. – 100 с.
79. Коннов, И.В. Комбинированный релаксационный метод для поиска векторного равновесия / И.В.Коннов // Известия вузов. Математика. 1995. – № 12. – С. 54-62.
80. Контейнерные перевозки в Японии // Железные дороги мира. – 2005. - №5.
81. Концепция комплексного развития контейнерного бизнеса в холдинге ОАО «РЖД»: офиц. текст. – М.: ОАО «РЖД», 2011. – 71 с.
82. Концепция создания терминально-логистических центров на территории Российской Федерации: офиц. текст. – М.: ОАО «РЖД», 2011. – 95 с.
83. Копылова, О.А. Методика оценки вариантов размещения региональных логических центров: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / О.А. Копылова. – М., 2014. – 189 с.
84. Котляренко, А.Ф. Взаимодействие на транспортных стыках при внешнеторговых перевозках / А.Ф. Котляренко, П.В. Куренков // Железнодорожный транспорт. – 2002. – N 2. – С. 48-52.
85. Котляренко, А.Ф. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении. Экономика. Логистика. Управление. / А.Ф. Котляренко, П.В. Куренков. – Самара: СамГАПС, 2002. – 636 с.

86. Краснощёк, А. А. Организация ускоренных контейнерных и контрейлерных поездов / А.А. Краснощёк // Железнодорожный транспорт. – 2014. - №5. – С. 14-17.

87. Кузнецов, А.В. Высшая математика. Математическое программирование: учебник / А.В. Кузнецов, В.А. Сакович, Н.И. Холод; под общ. ред. А.В. Кузнецова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург и др.: Изд-во Лань, 2010. – 351 с.

88. Кузнецов, А.Л. Методология технологического проектирования контейнерных центров грузораспределения: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.19 / А. Л. Кузнецов. – СПб., 2011. – 310 с.

89. Кузнецов, А.Л. Моделирование сетей контейнерного грузораспределения / А.Л. Кузнецов, С.С. Павленко, В.Н. Щербакова-Слюсаренко // Вестник ГУМРФ. – 2015. – N 5 (33). – С. 33-42.

90. Кузнецов, А.Л. Имитационное моделирование как инструмент расчета наземных контейнерных терминалов / А.Л. Кузнецов, А.В. Кириченко, А.С. Ткаченко, Г.Б. Попов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. - 2018. - № 1. - С. 100-108.

91. Кузнецов, А.Л. Перспективы автоматизации контейнерных терминалов / А.Л. Кузнецов // Морские порты России. - 2010. - № 9. - С. 50.

92. Кузнецов, А.Л. Автоматизация операций на современных контейнерных терминалах: состояние и перспективы / А.Л. Кузнецов // Контейнерный бизнес. – 2008. - №3(15).

93. Кузнецова, А.Н. Разработка методики расчета оптимального плана формирования вагонов с контейнерами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 5.22.08 / Анжелика Николаевна Кузнецова. – Москва, 2003. – 25 с.

94. Кузнецов, Д.Ю. Кластерный анализ и его применение / Д.Ю. Кузнецов, Т.Л. Трошина // Ярославский педагогический вестник. – 2006. – № 4. – С.103-107.

95. Куренков, П.В. Экономика и логистика развития контейнерных перевозок на направлении Малашевичи-Москва-Самара / П.В. Куренков, М.В. Кизимиров // Бюллетень транспортной информации. – 2011. - № 11. – С. 3-12.
96. Лapidус, Б.М. Инновационный продукт «Транссиб за 7 суток» - прорывное решение реализации транзитного потенциала России / Б.М. Лapidус // Железнодорожный транспорт: ежемесячный научно-теоретический технико-экономический журнал. – 2009. – № 6. – С. 20-26.
97. Лapidус, Б.М. Методическое обеспечение рыночных механизмов экономического управления на железнодорожном транспорте / Б.М. Лapidус, Д.А. Мачерет, А.В. Рышков. – Москва: МЦФЭР, 2007. – 160 с.
98. Лёвин, Б.А. Транссиб и перспективы развития транспорта России. – Сб.н.т. Транссибирская магистраль на рубеже XX-XXI веков. – М.: 2003.
99. Лёвин, Б.А. О концепции построения моделей производственно-транспортных систем / Б.А. Лёвин, Э.А. Мамаев, В.В. Багинова. // Наука и техника транспорта. – 2003. - №4. – С. 8-17.
100. Лёвин, С.Б. Организация функционирования контейнерных компаний в транспортной системе на основе современных логических информационных технологий: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / С. Б. Лёвин. – М., 2016. – 345 с.
101. Лемешко, В.Г. О переходе на технологию организации движения грузовых поездов по расписанию / В.Г. Лемешко, В.А. Шаров // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 11. – С. 12-20.
102. Логистика: управление в грузовых транспортно-логистических системах: учебное пособие / под ред. Л. Б. Миротина. – М.: Юристъ, 2002. – 414 с.
103. Логистические транспортно-грузовые системы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.И. Апатцев, С.Б. Левин, В.М. Николашин и др.; под ред. В.М. Николашина. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 304 с.

104. Лукинский, В.С. Алгоритм выбора логистических посредников с использованием экспертных методов / В.С. Лукинский, И.А. Цвиринько // Экономика и менеджмент на транспорте. – 2002. – N 2. – С.106–112.

105. Лукинский, В.С. Формула Уилсона: анализ вариантов / В.С. Лукинский, И.А. Цвиринько // Организация перевозок с применением принципов логистики. – 2002. – С. 161–166.

106. Маликов, О.Б. Теоретические основы и методология проектирования транспортно-складских комплексов для переработки тарно-штучных грузов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.12. - Ленинград, 1984. - 500 с.

107. Маликов, О.Б. Склады и грузовые терминалы: справочник / О.Б. Маликов. – Санкт-Петербург: Бизнес-пресса, 2005. – 648 с.

108. Мамаев, Э.А. Моделирование региональных транспортных систем в условиях конкуренции: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / Э.А. Мамаев. – М., 2006. – 348 с.

109. Мамаев, Э.А. Прогнозирование контейнерооборота морских портов мира / Э.А. Мамаев, Е.С. Вальчук // Вестник РГУПС. – 2016. - №2. – С. 94-100.

110. Мамонтов, И.Ю. Совершенствование организации перевозок грузов в контейнерах с применением опорной сети контейнерных накопительно-распределительных центров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / И.Ю. Мамонтов. – М., 2013. – 24 с.

111. Мандель, И.Д. Кластерный анализ: научное издание / И.Д. Мандель. - Москва: Финансы и Статистика, 1988. – 176 с.

112. Матюшин, Л.Н. Контейнерные и контрейлерные перевозки: справочник / Л.Н. Матюшин. – М.: ООО «Сандика Плюс», 2005. – 209 с.

113. Матюшин, Л.Н. Контейнерные и контрейлерные перевозки: справочник, часть 2 / Л.Н. Матюшин. – М.: ООО «Сандика Плюс», 2006. – 241 с.

114. Мигранян, А.А. Теоретические аспекты формирования конкурентоспособных кластеров в странах с переходной экономикой / А.А. Мигранян // Вестник КРСУ. – 2002. – № 3.

115. Милославская, С.В. Экономические основы формирования опорной сети перевалочных узлов на путях сообщения России: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / С. В. Милославская. – М, 1997. – 335 с.

116. Миротин, Л.Б. Системный анализ в логистике: учебник. / Л.Б. Миротин, Ы.Э. Ташбаев. – Москва: Изд-во Экзамен, 2002. – 480 с.

117. Миркин, Б.Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор: препринт WP7/2011/03 / Б.Г. Миркин. – Москва: Высшая школа экономики, 2011. – 88 с.

118. Михалевич, В.С. Оптимизационные задачи производственно-транспортного планирования / В.С. Михалевич, В.А. Трубин, Н.З. Шор. – Москва: Наука, 1986. – 260 с.

119. Модели и методы теории логистики: учебное пособие. 2-е изд. / под ред. В. С. Лукинського. – Спб.: Питер, 2007. – 448 с.

120. Морозов, В.Н. Методология организации функционирования международных транспортных коридоров на основе кластерного подхода с применением мультимодальных логистических центров: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.22.01 / В.Н. Морозов. – М., 2011. – 48 с.

121. Морозов, В. Н. Повышать эффективность и слаженность работы // Железнодорожный транспорт: научно-технический журнал. – 2015. – №2. – с. 4-9.

122. Москвичева, Е.Е. Совершенствование технологических решений в организации работы контейнерных терминалов: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Е.Е. Москвичева. – Самара, 2011. – 244 с.

123. Москвичев, О.В. Повышение эффективности контейнерных перевозок на транспорте: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / О.В. Москвичев. – М., 2005. – 173 с.

124. Москвичев, О. В. Обобщенная экономико-математическая модель оптимизации сети контейнерных терминалов на выбранном направлении / О. В. Москвичев // Бюллетень транспортной информации. – 2005. – № 12. – С. 27-30.

125. Москвичев, О. В. Кластерная политика в повышении конкурентоспособности контейнерно-транспортной системы страны / О. В. Москвичев // Транспорт: наука, техника, управление. – 2009. – № 1. – С. 31-33.

126. Москвичев, О. В. К вопросу повышения эффективности контейнерных перевозок / О. В. Москвичев, Ю. С. Никонов // Транспорт Урала. – 2009. – № 4. – С. 22-24.

127. Москвичев, О. В. К вопросу несбалансированности железнодорожных контейнерных перевозок во внутригосударственном сообщении / О. В. Москвичев, Ю. С. Никонов // Вестник транспорта Поволжья. – 2011. – № 6. – С. 12-19.

128. Москвичев, О. В. Новый подход в развитии контейнерно-транспортной системы России на основе формирования контейнерного кластера / О. В. Москвичев, Г. М. Третьяков, Е. Е. Москвичева // Вестник транспорта Поволжья. – 2012. – № 3. – С. 35-39.

129. Москвичев, О. В. Актуальные аспекты развития контейнерных перевозок / О. В. Москвичев, Г. М. Третьяков, Ю. С. Никонов // Вестник транспорта Поволжья. – 2012. – № 3. – С. 26-29.

130. Москвичев, О. В. Оценка потенциала и перспектив развития контейнерной транспортной системы / О. В. Москвичев, Ю. С. Никонов // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 4. – С. 37-39.

131. Москвичев, О. В. О новом подходе к организации контейнерных поездов во внутреннем сообщении / О. В. Москвичев // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 2. – С. 56-59.

132. Москвичев, О. В. К вопросу консолидации и доставки одиночных и групповых контейнерных отправок в составе контейнерных поездов /

О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева, Ю. С. Никонов // Транспорт Урала. – 2014. – № 2. – С. 15-18.

133. Москвичев, О. В. Многокритериальная оценка контейнеропригодности производимой продукции как один из факторов, определяющих размещение терминально-логистической инфраструктуры / О. В. Москвичев // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – № 1. – С. 74-80.

134. Москвичев, О. В. Проблемы и перспективы развития автоматизированных систем управления контейнерным пунктом на железнодорожном транспорте / С. А. Никищенков, О. В. Москвичев, П. О. Скобелев // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 1. – С. 60-65.

135. Москвичев, О. В. Методологические основы размещения транспортных объектов на основе методов кластерного анализа / О.В. Москвичев // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 2. – С. 74-81.

136. Москвичев, О. В. Модели, методы и алгоритмы оптимизации контейнерно-транспортной системы железнодорожного транспорта на основе кластерного подхода / О.В. Москвичев // Транспорт Урала. - 2017. - №2. – С. 18-27.

137. Москвичев, О.В. Терминальная инфраструктура и контейнерные поезда: кластеризация объектов // Мир транспорта. - 2017. - Т. 15. № 5 (72). - С. 158-173.

138. Москвичев, О.В. Клиентоориентированная контейнерная транспортная система. – М.: ВИНТИ РАН, 2018. – 186 с.

139. Москвичев, О. В. Проблемы, пути решения и перспективы развития контейнерных перевозок в России / О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева // Вестник СамГАПС: Вып. 7. – Самара: СамГАПС, 2007. – С. 9 – 11.

140. Москвичев, О. В. Причины и проблемы низкого уровня контейнеризации в России / О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева // Актуальные проблемы развития транспортного комплекса: материалы IV международной научно-практической конференции. – Самара: СамГУПС, 2008. – С. 63-65.



141. Москвичев, О. В. К вопросу технической модернизации инфраструктуры по переработке вагонов и контейнеров на транспорте / О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева, В. В. Суетин // Контейнерный бизнес. – 2008. – № 10. – С. 36-41.

142. Москвичев, О. В. Формирование контейнерного кластера, как фактора самостоятельной точки роста экономики / О. В. Москвичев, // Актуальные проблемы развития транспортного комплекса: материалы V международной научно-практической конференции. – Самара: СамГУПС, 2009. – С. 239-242.

143. Москвичев, О. В. О необходимости создания контейнерных терминалов сквозного типа с поточной обработкой контейнеров / О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева // Наука и образование транспорту: материалы международной научно-практической конференции. – Самара: СамГУПС, 2009. – С. 50-52.

144. Москвичев, О. В. Анализ перспектив развития инфраструктуры для контейнерного бизнеса / О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева, Ю. С. Никонов // Актуальные проблемы развития транспортного комплекса: материалы VI международной научно-практической конференции. – Самара: СамГУПС, 2010. – С. 7-10.

145. Москвичев, О. В. Развитие прогрессивных транспортно-технологических систем на базе создания новых типов контейнерных терминалов / О. В. Москвичев // Инновации транспорта. – 2011. – № 6. – С. 34-37.

146. Москвичев, О. В. Роль организации движения местных контейнерных поездов по расписанию в повышении надежности грузовых железнодорожных перевозок / О. В. Москвичев, Ю. С. Никонов // Труды 14-й науч.-практ. конф. «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ. – 2013. – С. IV-36 – 38.

147. Москвичев, О. В. Методика определения контейнеропригодности продукции, производимой в регионах страны / О. В. Москвичев, Ю. С. Никонов // Тенденции и перспективы развития транспортно-логистических услуг // Материалы международной науч.-практ. конф., посвященной 40-

летию института коммерции, маркетинга и сервиса / Самарского государственного экономического университета. – Самара, 2014. – С. 275-277.

148. Москвичев, О. В. Определение эффективности назначения регулярных контейнерных поездов различных категорий / О. В. Москвичев, Г. М. Третьяков, Е. Е. Москвичева // Совершенствование технологии перевозочного процесса к 80-летию факультета «Управление процессами перевозок»: сборник научных трудов. - Новосибирск, 2015. - С. 151-158.

149. Москвичев, О.В. Разработка и исследование алгоритма кластеризации с проекцией для решения задач оптимизации транспортной инфраструктуры / О. В. Москвичев, Б. А. Есипов, Н. С. Складнев, А. О. Алёшинцев // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): труды Международной научно-технической конференции. - 2017. - С. 633-637.

150. Москвичев, О.В. Алгоритм кластеризации с проекцией для решения задач оптимизации размещения транспортных объектов [Текст] / О. В. Москвичев, Б. А. Есипов, Н. С. Складнев, А. О. Алёшинцев // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. - 2017. - Т. 16, № 4. - С. 108-117.

151. Москвичев, О.В. Организация и функционирование железнодорожной контейнерно-транспортной системы на основе кластерного подхода и клиентоориентированности [Текст] / О.В. Москвичев, Е.Е. Москвичева // Наука и образование транспорту: материалы международной научно-практической конференции. – Самара: СамГУПС, 2017. – С. 104 - 108.

152. Нгуен, М.Х. Применение генетического алгоритма для задачи нахождения покрытия множества / М.Х. Нгуен // Труды института системного анализа РАН. – 2008. – № 33. – С. 206-219.

153. Неруш, А.Ю. Проектирование логистических систем / А.Ю. Неруш, Ю.М. Неруш, С.А. Панов. - Москва: Изд-во Юрайт, 2014. - 422 с.

154. Николашин, В.М. Методология организации производства и функционирования транспортно-логистических комплексов (на примере железнодорожного транспорта): дис. ... д-ра тех. наук: 05.22.22, 05.22.08 / В.М. Николашин. – М., 2001. – 314 с.

155. Осьминин, А.Т. Организация контейнерных перевозок-продуктовый подход / А.Т. Осьминин // РЖД-Партнёр. – 2010. – №1-2. – С.173-174.

156. Осьминин, Л.А. Расчёт плана формирования вагонов с контейнерами в международном сообщении: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Л.А. Осьминин. – СПб., 2009. – 24 с.

157. Павленко, С.С. Моделирование технологического взаимодействия морских и тыловых контейнерных терминалов / С.С. Павленко // Вестник ГУМРФ. – 2015. – № 6 (34). – С. 59-71.

158. Панасенко, Н.Н. Контейнеризация международной транспортной системы / Н.Н. Панасенко, П.В. Яковлев // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2016. - №4. – С. 103-114.

159. Паршина, Р.Н. Контейнерные перевозки грузов в международных транзитных сообщениях: монография / Р.Н. Паршина. – Москва: ВИНТИ РАН, 2006. – 220 с.

160. Паршина, Р.Н. Методология организации транссибирских международных контейнерных перевозок Европа-Азия транзитом по России: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.22.01 / Р.Н. Паршина. – М, 2013. – 47 с.

161. Персианов, В.А. Моделирование транспортных систем / В.А. Персианов, К.Ю. Скалов, Н.С. Усков. – Москва: Транспорт, 1978. – 208 с.

162. Персианов, В.А. Глобализация экономики и транспорт / В.А. Персианов // Бюллетень транспортной информации. – 2001. – N 2. – С. 48-55.

163. Пехтерев, Ф.С. Экономические аспекты формирования международных транспортных коридоров на территории России: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Ф. С. Пехтерев. – М., 2000. – 34 с.

164. Пиявский, С.А. Один алгоритм отыскания абсолютного экстремума функции / С.А. Пиявский // Журнал вычислительной математики и математической физики. - 1972. – N 4. – С.888-896.

165. Плужников, К.И. Глобализация производства и распределения международных транспортных услуг: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.14 / К. И. Плужников. – М., 2005. – 309 с.

166. Подиновский, В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – Москва: Наука, 1982. – 256 с.

167. Портер, Е.М. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов: переводное издание / Е.М. Портер; пер. с англ. И.Г. Минервин. – 3-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 453 с.

168. Постановление правительства республики Башкортостан от 22.01.2014 г. №18 «О государственной программе «Развитие транспортной системы в Республике Башкортостан».

169. Постановление Правительства Кировской области от 12.08.2008 №142/319 «Стратегия социально-экономического развития Кировской области на период до 2020 года».

170. Постановление правительства республики Марий Эл от 10.10.2013 №313 «Об утверждении инвестиционной стратегии республики Марий Эл до 2020 года».

171. Постановление правительства республики Башкортостан от 5.08.2015 г. №289 «Об утверждении схемы территориального планирования республики Башкортостан».

172. Постановление кабинета министров Чувашской республики от 15.08.2013 №324 «О государственной программе Чувашской республики».

173. Постановление правительства Удмуртской республики от 29.07.2013 №330 «Об утверждении государственной программы Удмуртской республики «Развитие транспортной системы Удмуртской республики».

174. Постановление правительства Оренбургской области от 30.04.2014 №272-пп «Об утверждении государственной программы «Развитие транспортной системы Оренбургской области» на 2015-2020 годы».

175. Постановление правительства Пермского края от 3.10.2013 №1323-п «Об утверждении государственной программы Пермского края «Развитие транспортной системы».

176. Постановление правительства Самарской области от 23.09.2010 №422 «О концепции развития региональной транспортно-логистической системы Самарской области».

177. Постановление правительства Саратовской области от 26.1.2009 №420-П «О реализации проекта создания торгового, выставочного, транспортно-логистического центра «Озинки».

178. Постановление кабинета министров республики Татарстан от 20.12.2013 №1012 «Об утверждении государственной программы «Развитие транспортной системы республики Татарстан на 2014-2022 годы».

179. Постановление правительства Ульяновской области от 13.07.2015 №16/319-П «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Ульяновской области до 2030 года».

180. Приказ министерства транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан от 24.07.2017 №254 «Об утверждении стратегии развития транспортного комплекса Республики Татарстан на 2016-2021 годы с перспективой до 2030 года».

181. Прокофьева, Т.А. Логистика транспортно-логистических систем: региональный аспект / Т.А. Прокофьева, О.М. Лопаткин. – Москва: РКонсульт, 2003. – 400 с.

182. Прокофьева, Т.А. Методологические основы формирования и оценки эффективности региональных транспортно-распределительных систем: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Т.А. Прокофьева. – М., 2004. – 382 с.

183. Прокофьева, Т.А. Региональные транспортно-логические системы (РТЛС): стратегическое планирование и управление функционированием и развитием РТЛС: монография / Т.А. Прокофьева, В.В. Клименко; под общ.

ред. д.э.н., профессора Т.А. Прокофьевой. – Москва: ОАО «ИТКОР», 2016. – 630 с.

184. Протасов, В.Ю. Максимумы и минимумы в геометрии: брошюра / В.Ю. Протасов. – Москва: МЦНМО, 2005. - 56 с.

185. Разина, М.А. Математические модели и оптимизация размещения станций скорой помощи для обслуживания населения заданной области: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 05.13.18 / М. А. Разина. – К., 2005. – 110 с.

186. Рахмангулов, А.Н. Методологические основы организации функционирования железнодорожных промышленных транспортно-технологических систем: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / А. Н. Рахмангулов. – М., 2013. – 48 с.

187. Рахмангулов, А.Н. Выбор мест для логистических мощностей / А.Н. Рахмангулов, О.А. Копылова, Е.К. Аутов // Мир транспорта. – 2012. - №1. – С. 84-91.

188. Резер, С.М. Взаимодействие и координация разных видов транспорта: новое в жизни, науке, технике. – М.: Знание, 1989. – 64 с.

189. Резер, С.М. Логистика экспедирования грузовых перевозок. – М.: ВИНТИ РАН, 2002. – 472 с.

190. Резер, С.М. Контейнеризация грузовых перевозок: монография / С.М. Резер. – Москва: ВИНТИ, 2012. – 678 с.

191. Резер, С.М. Контейнеризация грузовых перевозок / С.М. Резер // Транспорт: наука, техника, управление. - 2010. - № 6. - С. 1-6.

192. Резер, С.М. Состояние методического базиса технического и технологического развития контейнерных перевозок в России / С. М. Резер, О. В. Москвичев // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015. – № 3. – С. 12-14.

193. Резер, С.М. Оптимизация модели формирования и функционирования контейнерно-транспортной системы страны / С. М. Резер, О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева // Транспорт: наука, техника, управление. – 2016. – № 7. – С. 3-7.

194. Реформа железных дорог: сборник материалов по повышению эффективности сектора железных дорог. - Международный банк реконструкции и развития / Всемирный банк, Washington DC 20433. - 2011.

195. Русакова, З.Н. Моделирование кластеризации многомерных объектов в Visual C++ / З.Н. Русакова, А.В. Орел // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2014. – № 2.

196. Сай, В.М. Моделирование интегральной системы взаимоотношений в региональной сети контейнерных перевозок / В.М. Сай, Д.И. Кочнева // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2016. - №4(32). – С. 65-75.

197. Сай, В.М. Имитационная модель контейнерного терминала – элемента региональной транспортно-логистической сети / В.М. Сай, Д.И. Кочнева, С.В. Сизый // Транспорт Урала. – 2011. - №2(29). – С. 31-38.

198. Салин, В.Н. Практикум по курсу “статистика” (в системе STATISTICA) / В.Н. Салин, Э.Ю. Чурилова. – Москва: Социальные отношения, перспектива, 2002. – 188 с.

199. Сеницына, А.С. Разработка методов параметризации контейнерных терминалов на основе принципов логистики: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / А. С. Сеницына. – М., 2001. – 23 с.

200. Смехов, А.А. Математические модели в грузовой работе: монография / А.А. Смехов.– Москва: Транспорт, 1982. – 256 с.

201. Столяров, С.А. Проблемы структурной несбалансированности российского рынка железнодорожных контейнерных перевозок на современном этапе развития / С. А. Столяров, А. С. Филиппов, И. В. Лукашева // Бюллетень транспортной информации: информационно-практический журнал. – М.: Национальная ассоциация транспортников, 2008. - № 8 (158). – С. 17-22.

202. Стратегия социально-экономического развития Приволжского федерального округа до 2020 года [Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 7 февраля 2011 г. N 165-р]. – М., – 2011. – 81 с.

203. Терешина, Н.П. Управление конкурентоспособностью железнодорожных перевозок / Н.П. Терешина, А.В. Рышков, А.В. Шобанов. – Москва: ВИНТИ РАН, 2005. – 240 с.

204. Терминалы готовят к реформе // Контейнерный бизнес. – 2005. - №1 (1). - С. 27-29.

205. Терминология комбинированных перевозок / Издание организации объединенных наций. – Нью - Йорк - Женева, 2001. - 69 с.

206. Техничко-экономическая оценка целесообразности применения крупнотоннажных контейнеров и контейнерных поездов во внутреннем и международном сообщениях: отчет ЦНИИ МПС / Л.А. Коган. – Москва, 1969.

207. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р (в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. № 1032-р).

208. Третьяков, Г.М. Организация контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте: учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта / Г. М. Третьяков, И. В. Горюшинский, О. В. Москвичев. – Самара: М-во трансп. Российской Федерации, Федеральное агентство ж.-д. трансп., Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Самарский гос. ун-т путей сообщ. - 2008. – 359 с.

209. Трихунков, М.Ф. Исследование вопросов размещения контейнерных пунктов на сети железных дорог: дис. ... канд. техн. наук: / М.Ф. Трихунков. – М., 1962.

210. Трихунков, М.Ф. Определение минимума грузооборота при размещении погрузочно-выгрузочных контейнерных пунктов / М.Ф. Трихунков // Вестник ЦНИИ. – 1961. – N 4. – С.55-58.

211. Фарафонова, О.Е. Совершенствование системы управления контейнерными перевозками на российских железных дорогах: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / О.Е. Фарафонова. – М., 2003. – 153 с.



212. Франк, С.О. Повышение эффективности контейнерной транспортной системы страны на основе развития терминальных комплексов: автореферат дис. ... канд. тех. наук: 05.22.01 / С. О. Франк. – М., 2006. – 24 с.
213. Хусаинов, Ф.И. Экономические реформы на железнодорожном транспорте: монография / Ф.И. Хусаинов. – Москва: Наука, 2012. – 192 с.
214. Цветков, В.А. Проблемы интеграции и инновационного развития транспортных систем России и стран Восточной Азии / В.А. Цветков, К.Х. Зоидов, А.А. Медков. – Москва: ЦЭМИ РАН, 2012. – 159 с.
215. Числов, О.Н. Теоретические основы рационального размещения элементов железнодорожных промышленных транспортно-технологических систем: дис. ... д-ра тех. наук: 05.22.01 / О. Н. Числов. – М., 2009. – 369 с.
216. Чубукова, И. А. Data Mining: учебное пособие / И.А. Чубукова. – Москва: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 382 с.
217. Шарапов, С.А. Экономическая оценка повышения установленных скоростей движения грузовых поездов / С.А. Шарапов // Железнодорожный транспорт. – 2017. - №3. – С. 25-29.
218. Шаров, В.А. Система технологического обеспечения перевозок грузов железнодорожным транспортом в условиях рыночной экономики: дис. ... д-ра тех. наук: 05.22.08 / В.А. Шаров. – М., 1994. – 347 с.
219. Шкурин, В.А. Исследование вопросов развития смешанных автомобильно-железнодорожных перевозок тарно-штучных грузов в большегрузных контейнерах и контрейлерах: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / В.А. Шкурин. – М., 1962. – 258 с.
220. Якунин, В. И. Культурная эволюция // Пульт управления. – 2012. – №5.
221. Ялов, Д.А. Кластерный подход как технология управления региональным экономическим развитием / Д.А. Ялов // Компас промышленной реструктуризации. – 2003. – № 3.

222. Яцкив, И. Методы определения количества кластеров при классификации без обучения / И. Яцкив, Л. Гусарова // *Transport and Telecommunication*. – 2003. – N 1. – С.23-28.

223. Arthur David and Vassilvitskii Sergei (2006). "How Slow is the k-means Method?". *Proceedings of the 2006 Symposium on Computational Geometry (SoCG)*.

224. Brandeau, M.L., Chin, S.S. An overview of representative problems in location research // *Management Science*. 1989. - Vol.35, №6. - P.645-674.

225. Coates, A., Andrew, Y. Ng. *Learning Feature Representations with K-means*, Stanford University, 2012.

226. Davies, D.L. Bouldin, D.W. A cluster separation measure // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. - 1979. - No. 2. - P. 224-227.

227. Dipl.-Ing. Christian Bogatu, *Smartcontainer als Antwort auf logistische und sicherheitsrelevante Herausforderungen in der Lieferkette: Auswirkungen und Handlungsempfehlungen für die Wertschöpfungskette der Logistik*, Technische Uni Berlin, 2008, S. 286.

228. Es muss keine Containerbrücke sein // *DVZ: Deutsche Verkehrs-Ztg*. – 2007. - №61. – p. 22

229. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 01.10.2012 (<http://www.faz.net>)

230. [http://www.cargobeamer.de/files/081106\\_presentation\\_cb\\_standard\\_russisch\\_internet.pdf](http://www.cargobeamer.de/files/081106_presentation_cb_standard_russisch_internet.pdf).

231. Implementing ERTMS on the Betuweroute / Klomp J., Spronk T., Doeleman R., Machiels K. // *Signal and Drant*. – 2007. - №5. – p. 36-41.

232. MacQueen, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In *Proc. 5th Berkeley Symp. on Math. Statistics and Probability*. - 1967. - P.281-297.

233. Meade R. *Europe's Box Revolution* // *Fairplay*. – 2005. - №5. - p. 16 – 25.

234. Mirkes, E.M. *K-means and K-medoids applet*. University of Leicester, 2011.

235. Moskvichev, O.V. Model of improvement of the equipment-structure ratio and equipment capability of the transportation-container system of the Russian Federation / O.V. Moskvichev // Abstract proceedings 1-st international Electromobility Congress in Prague 12-13.05.2011 National Technical Library Prague, Czech Republic – S. 18-20.

236. Moskvichev, O.V. Der Containertransport: Herausforderung und Perspektive / O. Moskvichev, I. Nikonov, R. König, A. Mukhametshin // „Güterbahnen. Güterverkehr auf der Schiene: Markt -Technik-Verkehrspolitik“. Zeitschrift. Offizielles Organ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen. 2013. №2. S. 42-44.

237. Perpetuating professionalism / Stagl J. // Progressive Railroading. – 2008. - №7. – p. 28.

238. Port strategy // DVZ: Deutsche Logist. – 2008. – p.61.

239. Strengthening systems / Landon F. // Port strategy. -2008. - №5. – p. 39.

240. Witten, I.H. and Frank, E. (2005) Data Mining: Practical machine learn.

241. Zolnierzak R. Metoda wyboru systemu przewozu naczep samochodowych I lokalizacji budowy terminali. Autoreferat pracy doktorskiej. Gdansk, 1997. - 27 p.

242. Анализ структуры промышленности Пермского края на основе данных статистической отчетности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/58/8040/> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

243. Логистический центр стоимость 1 млрд. рублей появится в Соль-Илецке в Оренбургской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tass.ru/transport/4112264> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

244. Логистический центр поставок ЗАО «Тандер» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://56stroyka.ru/logisticheskij-czentr-postavok-zao-tander-2/> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

245. Министерство промышленности, транспорта и дорожного хозяйства республики Марий Эл [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://mari-el.gov.ru/minprom/Pages/main.aspx> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

246. Новый логистический центр появился в Удмуртии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meatmaker.ru/ru/novosti/373-novuj-logisticheskij-tsentr-poyavilsya-v-udmurtii.html> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

247. Оренбург и Киргизия будут совместно строить логистические центры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tass.ru/transport/2730412> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

248. Приволжский федеральный округ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pfo.gov.ru/district/>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 11.07.2017).

249. Приволжский федеральный округ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bankgorodov.ru/fed-district/pfo>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 15.07.2017).

250. Промышленное производство, АПК, строительство в республике Мордовия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://protown.ru/russia/obl/articles/7528.html> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

251. Промышленный комплекс Оренбургской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.orenburg-gov.ru/Info/Economics/Industry/> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

252. Промышленность Пензенской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inpenza.ru/production/index.php> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

253. Промышленность Ульяновской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.wiki-prom.ru/region/ulyanovskaya\\_oblast.html](http://www.wiki-prom.ru/region/ulyanovskaya_oblast.html) – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 28.09.2017).

254. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной

статистики. – 2016. – Режим доступа:  
[http://www.gks.ru/bgd/regl/b16\\_14s/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b16_14s/Main.htm).

255. Республика Татарстан – промышленность и предприятия Республики Татарстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.metaprom.ru/regions/tatarstan.html> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 28.09.2017).

256. Самарская область в цифрах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://economy.samregion.ru/activity/ekonomika/values\\_so/](http://economy.samregion.ru/activity/ekonomika/values_so/) – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

257. Саратовская область – промышленность и предприятия Саратовской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.metaprom.ru/regions/sarovskaya-obl.html> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 28.09.2017).

258. Строительство логистического центра в Кировской области, участок в Поволжье – поиск инвестора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mostross.ru/logopark>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 07.09.2017).

259. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Нижегородской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nizhstat.gks.ru/> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

260. Транспортно-логистический центр может появиться в Камбарском районе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://susanin.news/udmurtia/business/20161124-228163/> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).

261. Транспортно-логистический центр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ulregion.com/investment\\_objects/infrastructural\\_facilities/388](http://ulregion.com/investment_objects/infrastructural_facilities/388) – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 28.09.2017).

262. Удмуртская республика. Промышленность [Электронный ресурс].  
– Режим доступа: <http://www.spb-venchur.ru/regions/8.htm> – Заглавие с экрана.  
– (Дата обращения: 24.09.2017).
263. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс].  
– Режим доступа: <http://www.gks.ru/>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 15.07.2017).
264. Чувашская республика. Промышленность [Электронный ресурс].  
– Режим доступа: [http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov\\_id=49&id=1540492](http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov_id=49&id=1540492) –  
Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.09.2017).
265. Южнокорейский инвестор готов инвестировать в проект порта Агидель (Башкирия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portnews.ru/news/225775/> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 20.09.2017).

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
(Обязательное)

Таблица А.1 – Статистические данные и результаты расчета объемов контейнеропригодной продукции предприятий ПФО

№	Наименование предприятия	Долгота	Широта	Объемы производства за год, тыс. т.	Номенклатура грузов	Координата х	Координата у	Jcont	Объем контейнеропригодной продукции тыс. т.	Объем контейнеропригодной продукции тыс. ДФЭ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Республика Башкортостан</b>										
1	ОАО «Мелеузовские минеральные удобрения»	56,5255	54,2715	1010	Кислоты, минеральные удобрения, продукты неорганической химии	6122,2479	6031,1918	0,6	606	30,3
2	ОАО «Полиэф»	56,0022	55,0389	580	Терефталевой кислоты	6084,6221	6116,473	0,6	348	17,4
3	ОАО «Благовещенский железобетон»	55,9913	55,0498	102	Железобетонная продукция	6083,8757	6117,6843	0,17	17,34	0,867
4	ОАО «Благовещенский арматурный завод»	55,9668	55,0321	14	Трубопроводная арматура	6082,3986	6115,7173	0,17	2,38	0,119
5	ОАО «Салаватнефтемаш»	55,9047	53,4002	220	Различное оборудование (колонное, теплообменное, емкостное)	6085,9036	5934,3642	0,36	79,2	3,96
6	ОАО «Ишимбайский машиностроительный завод»	56,038	53,438	152,5	Агрегаты для ремонта и технического обслуживания станков качалок, установки для текущего и капитального ремонта скважин, ключи промышленные	6094,562	5938,5649	0,36	54,9	2,745
7	ОАО «Туймазинский завод автобетоновозов»	53,6824	54,6174	350,3	Автобетоновозы	5937,2678	6069,6317	0,1	35,03	1,7515

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	ОАО «Уфимский нефтеперерабатывающий завод»	54,3165	56,1109	853,177	Нефтепродукты	5974,9553	6235,6043	0,1	85,3177	4,265885
9	ОАО «Газпром нефтехим Салават»	55,9047	53,4002	2630	Нефтехимическая продукция	6085,9036	5934,3642	0,1	263	13,15
10	ОАО «Белорецкий металлургический комбинат»	58,3977	53,9712	530	Метизы, углеродистые, легированные и нержавеющие стали	6246,362	5997,8195	0,25	132,5	6,625
11	ОАО «Белебеевский завод Автономаль»	54,151	54,091	470,47	Крепежные изделия и пружины для автомобильной промышленности	5968,3945	6011,1328	0,36	169,369	8,46846
12	ОАО «Белорецкий завод рессор и пружин»	58,3915	53,9605	450,1	Пружины, рессоры	6246,047	5996,6304	0,36	162,036	8,1018
13	ЗАО «ИНМАН»	56,0379	53,428	5200	Краны-манипуляторы, спецтехника, навесное оборудование	6094,6028	5937,4536	0,36	1872	93,6
14	ОАО «Уралтехнострой-Туймазыхиммаш»	53,7169	54,5932	450	Теплообменное и емкостное оборудование, воздухосборники, ресиверы, отстойники воды и нефти, печи для подогрева нефти, сушильные установки	5939,5166	6066,9423	0,36	162	8,1
15	ОАО «Давлекановский завод нефтяного машиностроения»	55,0468	54,2183	370	Подогреватели путевые, нагреватели устьевые, печи, установки подготовки нефти, котельное оборудование	6026,4049	6025,2797	0,36	133,2	6,66
16	ОАО «Учалинский горнообогатительный комбинат»	59,3956	54,3109	3100	Концентраты, щебень, колчедан	6308,2114	6035,5703	0,01	31	1,55



Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	ОАО «Кумертауское авиационное производственное предприятие»	55,7908	52,7695	4500	Вертолеты и оборудование	6081,0836	5864,2745	0,2	900	45
18	ОАО «Уфимский нефтеперерабатывающий завод»	56,091	54,8403	2910	Бензин, мазут, дизельное топливо	6091,2553	6094,4025	0,1	291	14,55
19	ОАО «Уфимкабель»	55,9569	54,7325	950	Провода установочные	6083,174	6082,4227	0,36	342	17,1
20	ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение»	56,1311	54,7886	750	Газотурбинные двигатели для военной промышленности	6094,0798	6088,6571	0,36	270	13,5
21	ОАО «Уфимское приборостроительное производственное объединение»	56,0126	54,7521	150	Навигационные и пилотажные комплексы, системы автоматического управления и автопилотов, бортовые цифровые вычислительные машины, наземные системы контроля	6086,6565	6084,6009	0,36	54	2,7
22	ОАО «Уфимский завод эластомерных материалов, изделий и конструкций»	55,9676	54,741	300	Спецодежда, резино-технические изделия	6083,821	6083,3673	0,66	198	9,9
23	ОАО «Башкирское производственное объединение "Прогресс"»	55,9346	54,7284	16000	Спецтехника, печатные платы, блоки управления и контроля, теплообменники пластичные	6081,7613	6081,9671	0,36	5760	288
24	ОАО «Башкирская содовая компания»	55,9268	53,664	650	Сода и химическая продукция	6086,1638	5963,6803	0,6	390	19,5
25	ОАО «Стерлитамакский станкостроительный завод»	55,9439	53,634	700	Универсальные станки, фрезерные станки с ЧПУ и токарные станки с ЧПУ	6087,4285	5960,3464	0,36	252	12,6

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26	ЗАО «Строительные материалы»	55,969	53,662	1241,66	Клей, штукатурка, шпаклевка, наливные полы, монтажные смеси	6088,9534	5963,4581	0,36	446,997	22,3498
27	ОАО «Красный пролетарий»	55,9258	53,599	742,91	Двигатели, дизельные установки, краны, компрессоры	6086,3951	5956,4569	0,36	267,447	13,3723
28	ОАО «Стерлитамакский завод строительных машин»	55,9909	53,6957	683,612	Копры на гусиничном и колесном ходу, молоты, бурильное оборудование	6090,2388	5967,2031	0,36	246,100	12,3050
29	ОАО «Стерлитамакский нефтехимический завод»	55,9517	53,6658	239	Каучук, агидол, абсорбент, бутан	6087,796	5963,8804	0,6	143,4	7,17
30	ОАО «Новоуфимский нефтеперерабатывающий завод»	56,0667	54,8138	2340	Дизельное топливо, нефтяные растворители, сера жидкая, сжиженные газы, кокс	6089,8283	6091,4576	0,1	234	11,7
31	ОАО «Уфимский лакокрасочный завод»	55,9363	54,7368	953,1	Краска	6081,8314	6082,9006	0,6	571,86	28,593
32	ОАО «Уфимский фанерно-плитный комбинат»	55,8993	54,7454	967,2	Фанера и древесново-локнистые плиты	6079,4166	6083,8563	0,3	290,16	14,508
33	ОАО «Уфимский комбинат хлебопродуктов»	55,9424	54,6686	829,3	Мука, манная крупа, комбикорм, гречневая крупа	6082,5409	6075,3215	0,69	572,217	28,61085
34	Кирпичный завод №5 (Холдинг "Башкирский кирпич")	56,0912	54,7946	810,6	Кирпич	6091,4922	6089,3239	0,31	251,286	12,5643
35	Кирпичный завод №1 (Холдинг "Башкирский кирпич")	55,9968	54,7259	810,6	Кирпич	6085,767	6081,6893	0,31	251,286	12,5643
36	Толбазинский кирпичный завод "Ажемак" (Холдинг "Башкирский кирпич")	55,8999	54,0004	610,2	Кирпич	6082,8631	6001,0645	0,31	189,162	9,4581

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
37	Стерлитамакский кирпичный завод (Холдинг "Башкирский кирпич")	56,1002	53,8092	823,2	Кирпич	6096,8839	5979,8164	0,31	255,192	12,7596
38	Кабаковский кирпичный завод №2 (Холдинг "Башкирский кирпич")	56,1469	54,5345	272	Кирпич	6096,3587	6060,419	0,31	84,32	4,216
39	ЗАО «Стерлитамакский молочный комбинат»	55,9206	53,6175	230	Молочная продукция	6085,9676	5958,5128	0,13	29,9	1,495
40	ЗАО «Стерлитамакский вагоноремонтный завод»	55,9352	53,5931	820	Запчасти железнодорожного подвижного состава	6087,0424	5955,8012	0,36	295,2	14,76
41	ОАО «Стерлитамакский завод строительных материалов»	55,978	53,6931	4152,7	Строительные материалы	6089,4016	5966,9142	0,31	1287,337	64,36685
42	ООО «Нефтекамский машиностроительный завод»	54,2865	56,1136	84,3	Перфораторы, спецтехника, подземное оборудование	5973,0896	6235,9044	0,36	30,348	1,5174
43	ОАО «Белебеевский молочный комбинат»	54,1371	54,0948	112	Сыры твердых сортов	5967,4812	6011,5551	0,13	14,56	0,728
44	ОАО «Керамика»	54,151	54,091	1300	Кирпич керамический пустотелый	5968,3945	6011,1328	0,31	403	20,15
45	ООО «Белебеевский машиностроительный завод»	54,1472	54,098	87,5	Насосное оборудование	5968,134	6011,9107	0,36	31,5	1,575
46	ООО «Башкирский арматурный завод»	55,8068	52,7664	76,3	Буровое пневмооборудование и комплектующие к нему, водо- и газо- запорная арматура	6082,1734	5863,93	0,36	27,468	1,3734

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
47	ОАО «Кумертауское авиационное производственное предприятие»	55,7908	52,7695	741,2	Вертолетная техника и оборудование	6081,0836	5864,2745	0,36	266,832	13,3416
48	ООО «Уралнефтегаз-транс»	55,819	52,7735	620,3	Сосуды, работающие под давлением	6082,9633	5864,7191	0,36	223,308	11,1654
49	ЗАО «Давлекановский молочный комбинат»	55,052	54,2178	35	Цельномолочная продукция	6026,7446	6025,2241	0,13	4,55	0,2275
50	ООО «Завод котельного оборудования»	53,712	54,5803	260	Модульные котельные, котельное оборудование, отопительные котлы, дымовые трубы, печи для бань	5939,2154	6065,5087	0,36	93,6	4,68
51	ООО «Картонно-Бумажный комбинат»	53,7279	54,5933	40,416	Бумага, гофрокартон, туалетная бумага, тара для яиц	5940,2251	6066,9534	0,3	12,1248	0,60624
52	ООО «Агидель»	56,0022	55,0389	72	Базальтовая изоляция в плитах разной плотности	6084,6221	6116,473	0,36	25,92	1,296
53	ООО «Учалинская швейная фабрика»	59,3956	54,3109	2,63	Спецодежда, зимние костюмы	6308,2114	6035,5703	0,66	1,7358	0,08679
54	ЗАО «Ишимбайская фабрика трикотажных изделий»	56,0462	53,4392	1,5	Трикотажные изделия	6095,0995	5938,6983	0,66	0,99	0,0495
55	ООО «Раевский сахарный завод»	54,9234	54,0808	160	Крахмалопаточная продукция	6018,798	6009,9993	0,13	20,8	1,04
56	ООО «Раевский консервный завод»	54,9563	54,0626	94,84	Консервированная продукция	6021,0001	6007,9767	0,25	23,71	1,1855
57	ЗАО «Бурибаевский ГОК»	58,1579	51,9589	147,2	Медный концентрат	6246,757	5774,1926	0,1	14,72	0,736
58	ОАО «Уфимский трансформаторный завод»	55,9083	54,5883	47,12	Трансформаторы	6080,7176	6066,3978	0,36	16,9632	0,84816

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
59	ОАО «Чишминский сахарный завод»	55,3438	54,5772	427,7	Сахар, патока, жом сырой и сухой	6044,3871	6065,1642	0,13	55,601	2,78005
60	ЗАО «Чесноковский асфальтобетонный завод»	55,9376	54,6122	2850	Товарный бетон, асфальтобетонные смеси	6082,4944	6069,0538	0,01	28,5	1,425
61	«Буздякский консервный завод» филиал ЗАО «Пищепром»	54,5253	54,5648	94,84	Консервированная продукция	5991,6654	6063,7862	0,25	23,71	1,1855
62	ООО «Яхинский щебеночный завод»	55,9936	54,7135	524,3	Щебень, песок	6085,6204	6080,3113	0,01	5,243	0,26215
63	ООО «Юрмашевский завод металлоконструкций»	56,2454	54,7063	413,6	Металлоконструкции любого вида	6101,8314	6079,5111	0,36	148,896	7,4448
64	ОАО «Гуймазинская птицефабрика»	53,7741	54,5527	5	Мясо куриное, яйца	5943,2512	6062,4416	0,13	0,65	0,0325
65	ООО «Башкирский керамический завод»	56,7453	54,8713	85,12	Кислотоупорные изделия	6132,9675	6097,8476	0,36	30,6432	1,53216
66	Завод «ТеплоТрейд»	58,39	53,9581	75	Тепловое оборудование «Профтепло», строительное оборудование «Профмаш», гаражно-сервисное оборудование	6245,9692	5996,3637	0,36	27	1,35
67	ОАО «Баймакский литейно-механический завод»	58,3098	52,5867	147,2	Насосы и запасные части к ним	6252,0485	5843,96	0,36	52,992	2,6496
68	ОАО «Уфимский машиностроительный завод»	56,2513	54,7558	65,3	Техника для фермерских и приусадебных хозяйств	6101,9554	6085,0121	0,36	23,508	1,1754
69	ОАО «Уфимская трикотажная фабрика»	55,9195	53,3538	2,63	Трикотажная одежда для детей и взрослых	6087,0958	5929,2078	0,66	1,7358	0,08679
70	ОАО «Уфимкабель»	55,9569	54,7325	354	Кабельно-проводниковая продукция	6083,174	6082,4227	0,36	127,44	6,372

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
71	ОАО «Уфимский железобетонный завод-2»	56,083	54,8064	54,7	Железобетонные изделия	6090,9089	6090,6352	0,3	16,41	0,8205
72	ОАО «Бельский деревообрабатывающий комбинат»	56,079	54,8365	67,2	Деревянные двери и окна	6090,5055	6093,9802	0,3	20,16	1,008
73	ООО «Уфимский деревообрабатывающий комбинат»	56,1255	54,7741	67,2	Деревянные изделия	6093,7926	6087,0457	0,3	20,16	1,008
74	ООО «Уфимская кондитерская фабрика»	55,9224	54,7248	94,84	Кондитерские изделия	6080,9946	6081,567	0,13	12,3292	0,61646
75	ОАО «Уфимский электроламповый завод»	56,0788	54,8395	104,2	Лампы накаливания	6090,478	6094,3136	0,36	37,512	1,8756
76	ФГУП «Уфимский завод металлических и пластмассовых изделий»	56,2214	54,7791	57,2	Кресла-коляски, трости, костыли	6099,9178	6087,6014	0,36	20,592	1,0296
77	ЗАО «Мелеузовский молочно-консервный комбинат»	55,923	52,9476	420,62	Молоко сухое, продукция цельномолочная, масло животное	6089,172	5884,0668	0,13	54,6806	2,73403
78	ООО «Мелеузовский кирпичный завод»	55,9247	52,959	14,6	Кирпич керамический, тротуарная плитка	6089,2343	5885,3337	0,31	4,526	0,2263
79	ОАО «Мелеузовский сахарный завод»	55,9195	52,9982	74,12	Крахмалопаточная продукция	6088,7086	5889,69	0,13	9,6356	0,48178
80	ОАО «Стерлитамакский механический завод пчеловодного инвентаря»	55,9743	53,6063	79	Инвентарь и оборудование для пчеловодства	6089,5615	5957,2681	0,36	28,44	1,422
81	ООО «Нефтекамский механический завод»	54,2703	56,104	74,3	Теплицы, садовый инвентарь, крепеж, фурнитура	5972,1049	6234,8375	0,36	26,748	1,3374
82	ПАО «Нефаз»	54,3165	56,1109	7	Автобусы и спецтехника на шасси Камаз, комплектующие	5974,9553	6235,6043	0,36	2,52	0,126

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
83	ООО «Давлекановская обувная фабрика»	55,0226	54,2151	3,5	Детская обувь	6024,8417	6024,9241	0,66	2,31	0,1155
84	ООО «Обувная фабрика Алмаз и К»	55,0576	54,2184	25,6	Детская обувь	6027,1067	6025,2908	0,66	16,896	0,8448
85	ОАО «Учалинский ГОК»	54,3109	54,3109	45,12	Концентраты, щебень, колчедан	5978,3687	6035,5703	0,01	0,4512	0,02256
86	ОАО «Ишимбайский станкостроительный завод»	56,0406	53,4344	778,6	Вагоны-дома, станки	6094,7513	5938,1649	0,36	280,296	14,0148
87	ООО «Бирская швейная фабрика»	55,5321	55,4158	45,3	Платья и халаты, сорочки	6053,1474	6158,3579	0,66	29,898	1,4949
<b>Республика Марий Эл</b>										
88	ООО «Волжский завод строительных материалов»	48,332	55,9209	1028	Строительные материалы под маркой ВІКТОН	5602,4838	6214,4896	0,31	318,68	15,934
89	ОАО «Марийский целлюлозно-бумажный комбинат»	48,3673	55,8574	431,3	Бумага, целлюлоза, картон, ДВП, бумажные мешки	5604,2105	6207,4329	0,3	129,39	6,4695
90	ООО «Маркорм»	48,3507	55,8656	72	Корма для животных	5603,2358	6208,3441	0,13	9,36	0,468
91	ОАО «Волжский электромеханический завод»	48,3243	55,8717	524	Медицинские инструменты, электротехническое оборудование, товары народного потребления, комплектующие для холодильного оборудования	5601,6344	6209,022	0,36	188,64	9,432
92	«Комбикормовый завод» (Аграрный холдинг "Акашево")	48,4135	55,9637	163,1	Комбикорм	5607,8774	6219,246	0,13	21,203	1,06015
93	«Инкубатория» (Аграрный холдинг "Акашево")	49,0928	56,9024	100	Яйца	5656,0865	6323,5637	0,13	13	0,65

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
94	«Мясоперерабатывающий завод» (Аграрный холдинг "Акашево")	48,4727	56,7591	150	Бройлеры, мясная продукция	5617,3802	6307,6388	0,13	19,5	0,975
95	ОАО «ОКТБ Кристалл»	47,8554	56,6244	157,2	Насосы, ультразвуковое оборудование	5578,6301	6292,6696	0,36	56,592	2,8296
96	ОАО «Красногорский комбинат автофургонов»	48,3363	56,1432	2158	Автофургоны	5604,4204	6239,1938	0,36	776,88	38,844
97	ОАО «Марийский целлюлозо-бумажный комбинат»	48,3673	55,8574	300	Картон, различные виды бумаги	5604,2105	6207,4329	0,3	90	4,5
98	ОАО «Марийский нефтеперегонный завод»	47,8968	56,6407	1650	Бензин, керосин, топливо печное, судовое	5581,2974	6294,481	0,01	16,5	0,825
99	ОАО «Завод полупроводниковых приборов»	47,8518	56,6382	565,3	Металлокерамические корпуса	5578,5251	6294,2032	0,72	407,016	20,3508
100	ОАО «Марийский машиностроительный завод»	47,8669	56,6339	131,4	Радиотехнические комплексы, косилки ротационные, газодувки, экструдеры для приготовления кормов животным	5579,4126	6293,7253	0,36	47,304	2,3652
101	ОАО «Марбиофарм»	47,8868	56,6199	473	Лекарства, пищевые добавки	5580,5136	6292,1695	0,13	61,49	3,0745
102	ЗАО «Ариада»	48,332	55,9209	254,3	Холодильные установки	5602,4838	6214,4896	0,36	91,548	4,5774
103	ЗАО «Завод металлокерамических материалов Метма»	47,875	56,6281	800	Шестеренки масляных насосов, втулки направляющих клапанов, детали амортизаторов, детали подвижного механизма стеклоподъемника	5579,8598	6293,0808	0,36	288	14,4
104	ЗАО «Йошкар-Олинский комбинат хлебопродуктов»	47,8976	56,6143	133	Хлебобулочные и кондитерские изделия	5581,128	6291,5472	0,13	17,29	0,8645



Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
105	ЗАО «Йошкар-Олинский мясокомбинат»	47,8789	56,6079	920	Колбасные изделия, полуфабрикаты, консервы	5579,9307	6290,8359	0,13	119,6	5,98
106	ЗАО «Марийский завод силикатного кирпича»	48,2007	56,3802	754	Кирпич	5597,8558	6265,5316	0,31	233,74	11,687
107	ЗАО «Портал»	47,8623	56,6182	124	Материалы ВСП, путевой инструмент, запасные части подвижного состава, промышленное оборудование	5579,0006	6291,9806	0,36	44,64	2,232
108	ОАО «Завод Копир»	46,5549	56,3374	417,1	Авtotракторное электрооборудование, соединители электрические для военного применения	5496,0842	6260,7753	0,36	150,156	7,5078
109	ОАО «Компания Полюс»	47,8623	56,6182	215	Холодильное оборудование	5579,0006	6291,9806	0,36	77,4	3,87
110	ОАО «Красногорский завод Электродвигатель»	48,2954	56,1639	144	Электродвигатели	5602,0437	6241,4942	0,36	51,84	2,592
111	ОАО «Шелангерский химзавод Сайвер»	48,2411	56,2321	230,6	Лакокрасочные материалы	5599,205	6249,0733	0,31	71,486	3,5743
112	ООО «Махаон»	47,8209	56,6278	1080	Хлебобулочные и кондитерские изделия	5576,5483	6293,0474	0,13	140,4	7,02
113	«Мебельная фабрика Эльф»	47,8721	56,6211	760,3	Корпусная мебель	5579,6243	6292,3028	0,3	228,09	11,4045
114	ОАО «Йошкар-олинская обувная фабрика»	47,8926	56,6453	21	Обувь	5581,0787	6294,9922	0,66	13,86	0,693
115	ОАО «Йошкар-Олинская кондитерская фабрика»	47,8821	56,6387	144,84	Кондитерские изделия	5580,382	6294,2587	0,13	18,8292	0,94146
116	Фабрика головных уборов «New Caps»	47,8896	56,646	52,5	Головные уборы	5580,9011	6295,07	0,66	34,65	1,7325
117	ООО «Мебельная фабрика Заря»	48,3865	55,8489	1050,36	Корпусная мебель	5605,3458	6206,4883	0,3	315,108	15,7554

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
118	ЗАО «Волжский инструментальный завод»	48,3349	55,921	67,35	Штампы, пресс-формы	5602,6652	6214,5007	0,36	24,246	1,2123
<b>Республика Мордовия</b>										
119	ОАО «Мордовцемент»	45,86	54,4235	4220	Цемент	5431,43	6048,0836	0,31	1308,2	65,41
120	ОАО «Ковылкинский электромеханический завод»	43,8889	54,0274	554	Стационарные дизельные электростанции контейнерного исполнения	5298,2331	6004,065	0,36	199,44	9,972
121	ОАО «ЛАТО»	45,828	54,4405	320	Фиброцементные плиты, шифер	5429,5523	6049,9728	0,31	99,2	4,96
122	ОАО «Саранский завод автосамосвалов»	45,1517	54,2046	1224	Спецтехника на автомобильном шасси	5382,9006	6023,7572	0,36	440,64	22,032
123	ОАО «Завод Саранск кабель»	45,1725	54,2052	350	Кабельно-проводниковая продукция	5384,2607	6023,8239	0,36	126	6,3
124	ОАО «САРЭКС»	45,1782	54,1971	3424	Экскаваторы, трактора	5384,5317	6022,9237	0,25	856	42,8
125	ОАО «Саранский завод резинотехника»	45,2585	54,2189	150	Резиновые промышленные изделия	5390,0208	6025,3464	0,6	90	4,5
126	ОАО «Саранский молочный комби-нат»	45,1244	54,174	149,5	Молочная продукция	5380,7458	6020,3566	0,13	19,435	0,97175
127	ОАО «Саранский приборостроительный завод»	45,1728	54,1956	118,4	Электросчетчики, сильфоны, чувствительные элементы	5384,162	6022,757	0,36	42,624	2,1312
128	ОАО «Саранский консервный завод»	45,1885	54,2011	126,84	Консервированная продукция	5385,2509	6023,3682	0,25	31,71	1,5855
129	ФКП «Саранский механический завод»	45,1813	54,1985	106,3	Велосипеды, веловтулки, прямоточные клапаны	5384,7506	6023,0793	0,36	38,268	1,9134
130	ОАО «Саранское станкостроительное объединение»	45,1614	54,2055	145	Прессы различного назначения	5383,5425	6023,8572	0,36	52,2	2,61
131	ООО «Саранский инструментальный завод»	45,1783	54,2055	401,5	Инструмент и технологическая оснастка	5384,6416	6023,8572	0,36	144,54	7,227

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
132	ООО «Саранский деревообрабатывающий завод»	45,209	54,2304	867,2	Деревянные окна и двери, клееный брус, половая доска	5386,9436	6026,6244	0,3	260,16	13,008
133	ЗАО «Саранский завод керамических изделий»	45,1665	54,1554	120	Керамический кирпич	5383,2566	6018,2896	0,31	37,2	1,86
134	ОАО «Саранский завод медицинского оборудования»	45,1175	54,1242	428	Подвижная медицинская техника	5379,6792	6014,8223	0,36	154,08	7,704
135	ОАО «Саранская кондитерская фабрика Ламзурь»	45,1702	54,1707	35	Кондитерские изделия	5383,686	6019,9899	0,13	4,55	0,2275
136	ООО «Саранский электроламповый завод»	45,1993	54,2214	450,12	Лампы накаливания	5386,2026	6025,6242	0,36	162,0432	8,10216
137	ОАО «Саранский пивоваренный завод»	45,1221	54,124	150	Алкогольные напитки	5379,9765	6014,8001	0,13	19,5	0,975
138	ОАО «Ликероводочный завод Саранский»	45,1888	54,2017	152,38	Алкогольные напитки	5385,2778	6023,4349	0,13	19,8094	0,99047
139	ЗАО «Рузаевский стекольный завод»	44,9922	54,0608	69,2	Стеклопакет	5370,7161	6007,7767	0,13	8,996	0,4498
140	ООО «Рузаевская швейная фабрика»	44,9432	54,0519	52,63	Верхняя одежда	5367,4056	6006,7876	0,66	34,7358	1,73679
141	ОАО «Рузаевский завод пластмасс»	44,9414	54,0528	275,12	Пластмассовые изделия	5367,2995	6006,8877	0,6	165,072	8,2536
142	ООО «Атемарские строительные материалы»	45,3989	54,1826	128,35	Известь строительная	5398,7145	6021,3123	0,31	39,7885	1,989425
143	ОАО Птицефабрика «Атемарская»	45,4002	54,1826	565,3	Яйца, мясо птицы, свинина, молоко, колбаса	5398,7991	6021,3123	0,13	73,489	3,67445
144	ООО «Рузаевский завод керамических изделий»	44,994	54,0598	155,3	Керамический кирпич	5370,821	6007,6656	0,31	48,143	2,40715

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
145	ОАО «Ковылкинский электромеханический завод»	43,8889	54,0274	100	Вооружение, военная техника, составные части электротехнического оборудования	5298,2331	6004,065	0,36	36	1,8
146	ООО «Ромодановский сахарный завод»	45,3747	54,4237	100	Крахмалопаточная продукция	5400,0374	6048,1058	0,13	13	0,65
147	ООО «Ткацкая фабрика Лента имени 8 марта»	44,3663	53,8673	12,2	Лента различного назначения	5327,2461	5986,273	0,66	8,052	0,4026
148	ОАО «Ардатовский светотехнический завод»	46,3383	54,8464	98,4	Световые приборы, облучатели, пускорегулирующие аппараты	5466,8308	6095,0804	0,66	64,944	3,2472
149	ООО «Зубово-Полянский дерево-обрабатывающий комбинат»	42,83	54,0768	67,2	Доска, брус, наличники	5229,8597	6009,5548	0,3	20,16	1,008
150	ООО «Фабрика мягкой мебели Мирта»	45,1986	54,2188	1410	Мягкая мебель	5386,1252	6025,3352	0,3	423	21,15
151	ООО «Саранская швейная фабрика»	45,1587	54,1694	70,3	Спецодежда, школьная форма	5382,9214	6019,8454	0,66	46,398	2,3199
<b>Республика Татарстан</b>										
152	ОАО «Альметьевский трубный завод»	52,3047	54,8894	365	Стальные и полипропиленовые трубы	5848,8636	6099,859	0,17	62,05	3,1025
153	ОАО «Бугульминский механический завод»	52,8428	54,5263	283,4	Аппараты воздушного охлаждения, Теплообменные аппараты, Нефтепромысловое оборудование и т.д.	5883,187	6059,5077	0,36	102,024	5,1012
154	ОАО «Химический завод им. Л.Я. Карпова»	52,3194	55,8951	480	Химическая продукция	5850,897	6211,6225	0,6	288	14,4
155	ОАО «Азнакаевский завод Нефтемаш»	53,0689	54,8517	1400,3	Спецтехника	5897,7417	6095,6694	0,36	504,108	25,2054

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
156	ОАО «Зеленодольский завод имени А.М.Горького»	48,5624	55,8402	9600	Суда специального назначения и их оснащение	5616,2639	6205,5214	0,36	3456	172,8
157	ОАО «Теплоконтроль»	49,1425	55,7414	651,4	Терморегуляторы радиаторные, индикаторы, датчики уровня и температуры	5651,8715	6194,5418	0,36	234,504	11,7252
158	ОАО «Казанское моторостроительное производственное объединение»	49,0864	55,8462	1424	Газоперекачивающее оборудование	5649,0182	6206,1882	0,36	512,64	25,632
159	ОАО «Казанский завод компрессорного машиностроения»	49,1847	55,8205	850	Компрессоры различного типа	5654,9973	6203,3322	0,72	612	30,6
160	ОАО «Казанский завод синтетического каучука»	49,1243	55,7477	240	Латексы, автогерметики, полиэферы	5650,7714	6195,2419	0,6	144	7,2
161	ОАО «Казанский электромеханический завод»	49,0726	55,8392	563,2	автогидроподъемники, пожарная и коммунальная техника	5648,1126	6205,4103	0,36	202,752	10,1376
162	ОАО «Казаньоргсинтез»	49,002	55,8675	900	Полиэтилен	5643,8862	6208,5553	0,6	540	27
163	ОАО «Вакууммаш»	49,137	55,7338	31	Вакуумное оборудование	5651,4801	6193,6972	0,36	11,16	0,558
164	ОАО «Татхимфарм-препараты»	49,0095	55,8676	236,8	Антисептические средства, лекарства	5644,3548	6208,5664	0,66	156,288	7,8144
165	ЗАО «КВАРТ»	49,1312	55,7487	263,1	Резиновые смеси и изделия, клеи	5651,2095	6195,353	0,36	94,716	4,7358
166	ПАО «Казанский вертолетный завод»	49,0367	55,8517	1500	Производство и ремонт вертолетов	5645,9506	6206,7994	0,1	150	7,5
167	ОАО «КАМАЗ»	52,4465	55,7473	254	Автомобили и запчасти	5858,6901	6195,1974	0,36	91,44	4,572
168	ОАО «Нижекамскшина»	51,9471	55,6024	230	Шины	5827,1904	6179,0947	0,6	138	6,9
169	ОАО «Нижекамск-техуглерод»	51,8483	55,6458	530	Углерод технический	5821,0641	6183,9178	0,12	63,6	3,18

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
170	ОАО «ТАНЕКО»	51,8492	55,6458	2530	Нефтепродукты	5821,1206	6183,9178	0,01	25,3	1,265
171	ОАО «Нижнекамский механический завод»	51,8091	55,634	230	Ремонт оборудования	5818,5819	6182,6064	0,36	82,8	4,14
172	ООО «Завод стеклопластиковых труб»	49,119	55,7854	2675,12	Стеклопластиковые трубы	5650,6745	6199,4315	0,6	1605,072	80,2536
173	ООО «Казанский молочный комбинат»	49,1894	55,8145	260,6	Молочная продукция	5655,2542	6202,6654	0,13	33,878	1,6939
174	ОАО «Казанский оптикомеханический завод»	49,2225	55,8792	96,3	Оптические приборы и системы	5657,7147	6209,8555	0,36	34,668	1,7334
175	ООО «Казанский арматурный завод»	49,1153	55,7673	89	Запорная арматура	5650,3303	6197,42	0,36	32,04	1,602
176	ОАО «Казанский медикоинструментальный завод»	49,114	55,773	523,1	Медицинские инструменты	5650,2845	6198,0535	0,6	313,86	15,693
177	ЗАО «Камско-Волжское акционерное общество резинотехники»	49,1312	55,7487	146,2	Клеи, герметики	5651,2095	6195,353	0,31	45,322	2,2661
178	ОАО «Казанский комбинат строительных материалов»	49,1867	55,7821	450	Кирпич	5654,8872	6199,0648	0,31	139,5	6,975
179	ОАО «Казанский завод газовой аппаратуры»	49,1967	55,8179	1900,2	Газовое оборудование	5655,731	6203,0432	0,36	684,072	34,2036
180	ЗАО «Казанская кондитерская фабрика Заря»	49,1308	55,7857	94,84	Кондитерские изделия	5651,4141	6199,4648	0,13	12,3292	0,61646

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
181	ОАО «Казанское авиационное производственное объединение им. С.П. Горбунова»	49,0864	55,8462	3204,1	Военные и гражданские самолеты	5649,0182	6206,1882	0,01	32,041	1,60205
182	ОАО «Казанский завод светотехнической аппаратуры»	49,1528	55,8471	69,54	Светотехническое оборудование	5653,1689	6206,2882	0,36	25,0344	1,25172
183	«Фабрика мягкой мебели DE MARCA»	49,1009	55,7641	325,4	Мягкая мебель	5649,4095	6197,0644	0,3	97,62	4,881
184	ООО «ЕвроКап»	49,0861	55,8134	425,3	Полимерные укупоривающие колпачки с дозирующим устройством	5648,7933	6202,5431	0,6	255,18	12,759
185	ОАО «Завод Медполимер»	49,1894	55,7727	60	Медицинское оборудование	5654,9985	6198,0202	0,66	39,6	1,98
186	ЗАО «Камский машиностроительный завод»	52,5411	55,7236	1024	Сельхозтехника, авто-компоненты, прицепы и полуприцепы	5864,5932	6192,5637	0,25	256	12,8
187	ООО «Челнинский арматурный завод»	52,4436	55,6701	500,4	Трубопроводная арматура	5858,4397	6186,6182	0,31	155,124	7,7562
188	ООО «Камский моторный завод»	52,4173	55,7361	163,3	Поршневые группы	5856,8521	6193,9528	0,36	58,788	2,9394
189	ООО «Камский завод металлоконструкций»	52,4439	55,6701	6000	Металлоконструкции строительного назначения	5858,4585	6186,6182	0,17	1020	51
190	ООО «Камский литейный завод»	52,4465	55,7473	245,02	Литье запчастей для автомобилей	5858,6901	6195,1974	0,72	176,4144	8,82072
191	ОАО «Набережночелнинский крановый завод»	52,3668	55,7436	1800	Мостовые и козловые краны	5853,6983	6194,7863	0,25	450	22,5

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
192	ООО «Завод металлоконструкций Гефест»	52,3958	55,7436	1200	Сварные балки	5855,5134	6194,7863	0,25	300	15
193	ЗАО «Набережночелнинский трубный завод ТЭМ-ПО»	52,3958	55,7436	550	Стальные трубы	5855,5134	6194,7863	0,17	93,5	4,675
194	ООО «Камский завод метизов»	52,4446	55,7131	8,6	Метизы, крепеж, кованые заготовки	5858,5407	6191,3968	0,36	3,096	0,1548
195	ЗАО «Набережночелнинский картонно-бумажный комбинат»	52,3347	55,6436	1136	Бумага, картон, упаковка, туалетная бумага	5851,5825	6183,6733	0,3	340,8	17,04
196	ООО «Камская Кузница»	52,4391	55,7102	5,5	Крупный крепеж от М16 до М80	5858,1936	6191,0745	0,36	1,98	0,099
197	ОАО «Зеленодольский молочный комбинат»	48,5136	55,8505	54,75	Молочная продукция	5613,2912	6206,6661	0,13	7,1175	0,355875
198	ОАО «Зеленодольский машиностроительный завод»	48,5747	55,8544	210	Газоперекачивающие установки	5617,1328	6207,0995	0,36	75,6	3,78
199	ООО «Зеленодольский фанерный завод»	48,5612	55,8415	410,73	Фанера, карандаш	5616,1982	6205,6659	0,3	123,219	6,16095
200	ООО «Поволжский фанерно-мебельный комбинат»	48,498	55,8424	410,73	Фанера, мебель	5612,2589	6205,7659	0,3	123,219	6,16095
201	ОАО «Альметьевский насосный завод»	52,2971	54,9014	457,79	Центробежные насосы для добычи нефти	5848,3909	6101,1926	0,36	164,8044	8,24022
202	ООО «Альметьевский инструментальный завод»	52,2905	54,8911	46,3	Сложная высокоточная технологическая оснастка	5847,9573	6100,0479	0,36	16,668	0,8334
203	ОАО «Чистопольский ликероводочный завод»	50,6144	55,3678	152,38	Алкогольные напитки	5742,5784	6153,0236	0,13	19,8094	0,99047



Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
204	ОАО «Алексеевская керамика»	50,1063	55,1481	110	Кирпич керамический и лицевой	5709,4563	6128,6084	0,31	34,1	1,705
205	ОАО «Буинский сахарный завод»	48,3063	54,987	26,12	Крахмалопаточная продукция	5593,8756	6110,7053	0,13	3,3956	0,16978
206	ОАО «Птицефабрика Казанская»	48,8898	55,8776	370,39	Мясо куриное, колбасы, субпродукты	5636,9524	6209,6777	0,13	48,1507	2,40753
207	ОАО «Заинский сахарный завод»	52,003	55,3044	2040	Сахар-песок из свеклы	5830,227	6145,978	0,13	265,2	13,26
208	ООО «Урусинский химический завод»	53,4594	54,6014	25,2	Химические реагенты, смазочные охлаждающие жидкости, ингибиторы	5922,9215	6067,8536	0,6	15,12	0,756
209	ООО «Казанский кабельный завод»	49,2057	55,645	521,6	Силовой кабель	5655,2411	6183,8289	0,36	187,776	9,3888
210	ООО «Лениногорский механический завод»	52,494	54,595	214,3	Запасные части и компоненты кузовов грузовых автомобилей	5860,7341	6067,1424	0,36	77,148	3,8574
211	ООО «Камский арматурный завод»	52,3914	55,6243	240	Трубопроводная арматура	5855,1217	6181,5285	0,17	40,8	2,04
212	ООО «Казанский крановый завод Гертек»	49,097	55,9506	24	Грузоподъемное, такелажное и технологическое оборудование	5650,3347	6217,7902	0,36	8,64	0,432
213	ЗАО «Актанышский агрегатный завод»	54,0772	55,7133	125,9	Запчасти к двигателям автомобилей	5960,8068	6191,419	0,36	45,324	2,2662
214	ОАО «Арский кирпичный завод»	49,8866	56,0995	120	Кирпич лицевой керамический	5700,2404	6234,3374	0,31	37,2	1,86
215	ОАО «Бугульминский механический завод»	52,8428	54,5263	457,79	Нефтегазовое оборудование	5883,187	6059,5077	0,36	164,8044	8,24022
216	«Мебельная фабрика Березка»	49,0567	55,8377	540,3	Офисная и школьная мебель	5647,1103	6205,2436	0,3	162,09	8,1045
217	«Казанская мебельная фабрика»	49,1844	55,7839	670,9	Корпусная мебель	5654,7544	6199,2648	0,3	201,27	10,0635

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
218	ЗАО «Казанская фармацевтическая фабрика»	49,1485	55,8319	494,01	Лекарственные препараты	5652,8065	6204,599	0,6	296,406	14,8203
219	ОАО «Казанский завод медицинской аппаратуры»	49,0898	55,7173	278,2	Медицинское оборудование	5648,4216	6191,8635	0,6	166,92	8,346
220	ОАО «Зеленодольская швейная фабрика»	48,5129	55,8377	52,63	Одежда	5613,1553	6205,2436	0,66	34,7358	1,73679
221	ОАО «Нижнекамская швейная фабрика»	51,7894	55,6295	42,63	Одежда	5817,3366	6182,1063	0,66	28,1358	1,40679
222	«Чистопольский часовой завод Восток»	50,605	55,3656	54,3	Наручные часы	5741,976	6152,7791	0,36	19,548	0,9774
223	«Алексеевская фабрика художественного ткачества»	50,106	55,3072	52,63	Текстильная продукция	5710,1713	6146,2891	0,66	34,7358	1,73679
224	ОАО «Юдинская швейная фабрика»	48,898	55,8222	42,63	Спецодежда, домашний текстиль	5637,0989	6203,5211	0,66	28,1358	1,40679
225	ЗАО «Васильевский стекольный завод»	48,6908	55,8276	65,2	Химическая и жаропрочная посуда	5624,1935	6204,1212	0,6	39,12	1,956
226	ОАО «Кукморская швейная фабрика»	50,8901	56,1887	2,63	Одежда	5762,7801	6244,2502	0,66	1,7358	0,08679
<b>Удмуртская Республика</b>										
227	ОАО «Глазовский завод Металлист»	52,6542	58,1343	83,2	Тиски, дымососы, вентиляторы, калорифры, воздухонагреватели	5873,0316	6460,4648	0,36	29,952	1,4976
228	ООО «Ижевский нефтеперерабатывающий завод»	53,1963	56,7922	6752,79	Бензин, топливо, мазут	5905,2856	6311,3172	0,01	67,5279	3,37639
229	ОАО «Ижнефтемаш»	53,2695	56,8313	657,79	Оборудование для добычи нефти	5909,7263	6315,6624	0,36	236,804	11,8402
230	ОАО «Альтаир»	53,2422	56,8941	65,8	Кирпич	5908,0407	6322,6413	0,31	20,398	1,0199

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
231	ОАО «Бумагоделательного машиностроения»	53,2781	56,8937	457,8	Оборудование для целлюлозно- бумажной промышленности	5910,2212	6322,5969	0,36	164,808	8,2404
232	ЗАО «Редуктор»	53,2177	56,8649	65,9	Редукторы, мотор-редукторы и т.д.	5906,5631	6319,3963	0,36	23,724	1,1862
233	ОАО «Ижевский механический завод»	53,2338	56,8325	542,3	Оружие, электроинструмент, упаковочное оборудование, нефте-газовое оборудование, медицинская техника	5907,554	6315,7957	0,36	195,228	9,7614
234	ОАО «Ижевский машиностроительный завод»	53,1858	56,8445	123,54	Оружие, станки, инструменты, товары народного потребления	5904,6303	6317,1293	0,36	44,4744	2,22372
235	ОАО «Ижевский металлургический завод»	53,1854	56,8326	75	Лента, проволока, металлопрокат, жаропрочные сплавы	5904,6096	6315,8068	0,36	27	1,35
236	ОАО «Ижевский электромеханический завод»	53,1766	56,8596	7800	Военная спецтехника, тепло- и климато-техника, подъемные механизмы	5904,0665	6318,8073	0,36	2808	140,4
237	ООО «Ижевский лакокрасочный завод»	53,2363	56,8806	212	Лакокрасочная продукция	5907,6876	6321,1411	0,6	127,2	6,36
238	ООО «Ижевский котельный завод»	53,159	56,8386	415,2	Котлы	5903,0021	6316,4736	0,36	149,472	7,4736
239	ООО «Ижевский завод кузнечнопрессового оборудования»	53,1978	56,8065	120	Поковки из углеродистых и легированных сталей	5905,3723	6312,9063	0,17	20,4	1,02
240	ДОО «Ижевский инструментальный завод»	53,1877	56,8395	41,5	Инструмент и оснастка	5904,7474	6316,5736	0,36	14,94	0,747
241	ЗАО «Ижевский опытно- механический завод»	53,1811	56,8752	459	Поковка из стали	5904,3355	6320,541	0,17	78,03	3,9015

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
242	ОАО «Ижевский деревообрабатывающий завод»	53,1265	56,8415	52,7	Отделочные материалы из дерева, столярные изделия	5901,0247	6316,7959	0,3	15,81	0,7905
243	ЗАО «Ижевский завод керамических материалов»	53,1254	56,8283	171	Керамический кирпич, керамзит	5900,9605	6315,329	0,31	53,01	2,6505
244	ОАО «Литейный завод Редуктор»	53,3678	56,8873	68,3	Детали и запчасти к технике, декоративное литье	5915,6729	6321,8856	0,36	24,588	1,2294
245	«Ижевская мебельная фабрика»	53,2075	56,8181	500,6	Мягкая и корпусная мебель	5905,9589	6314,1955	0,3	150,18	7,509
246	ООО «Ижевская швейная фабрика Зангари»	53,1564	56,8323	2,63	Униформа, спецодежда, пальто	5902,8455	6315,7735	0,66	1,7358	0,08679
247	ООО «Кузнечно-литейный завод»	53,2695	56,8313	6,84	Поковки, штамповки, литье	5909,7263	6315,6624	0,36	2,4624	0,12312
248	ООО «Кондитерская фабрика Золушка»	53,182	56,8648	94,84	Кондитерские изделия	5904,3933	6319,3852	0,13	12,3292	0,61646
249	ООО «ПК Уралтехнология»	53,3106	56,8928	1021	Грузоподъемное оборудование	5912,1955	6322,4969	0,36	367,56	18,378
250	ОАО «Ижевский завод пластмасс»	53,3155	56,885	35,2	Продукция на основе вспененного полиэтилена	5912,4972	6321,6301	0,6	21,12	1,056
251	ПТК «Царевна»	53,2288	56,8703	2,63	Трикотажные изделия	5907,2358	6319,9964	0,66	1,7358	0,08679
252	ПП «Ижевский Теплоагрегатный Завод»	53,2069	56,82	451	Сушильные камеры для древесины	5905,9218	6314,4066	0,36	162,36	8,118
253	ООО «Ижевский Завод Тепловой Техники»	53,1301	56,8413	147,2	Тепловая техника	5901,2437	6316,7737	0,36	52,992	2,6496
254	ООО «Ижлитмашсервис»	53,1557	56,8374	6,84	Литые заготовки, отливки	5902,8016	6316,3403	0,17	1,1628	0,05814
255	ЗАО «Электромаш»	53,2093	56,8641	65,3	Кузнечно-прессовое производство	5906,0528	6319,3074	0,36	23,508	1,1754
256	ООО «Глазовский комбикормовый завод»	52,713	58,1194	1,3	Корма для животных	5876,4763	6458,8089	0,13	0,169	0,00845

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
257	ОАО «Чепецкий механический завод»	52,658	58,1497	185,1	Продукция из циркония	5873,2633	6462,1762	0,6	111,06	5,553
258	ОАО «Удмуртский завод строительных материалов»	52,6417	58,1309	142	Полнотелый кирпич	5872,2958	6460,0869	0,31	44,02	2,201
259	ПАО «Глазовская мебельная фабрика»	52,6853	58,1326	890,3	Корпусная мебель	5874,8564	6460,2758	0,3	267,09	13,3545
260	ОАО «Швейная фабрика Рабочая марка»	52,6651	58,1468	2,63	Спецодежда, текстиль	5873,6783	6461,8539	0,66	1,7358	0,08679
261	ООО «Химагрегат»	52,6979	58,1316	65,3	Ленточные сушилки, модульные парогенераторы, мобильные печи для утилизации биоотходов	5875,5955	6460,1647	0,36	23,508	1,1754
262	ООО «Удмуртская птицефабрика»	52,608	58,131	36	Мясо птицы, колбаса	5870,3173	6460,098	0,13	4,68	0,234
263	ООО «Опытно-экспериментальный завод Теплоагрегат»	52,7003	58,1302	98,2	Вентиляционное и отопительное оборудование	5875,7358	6460,0091	0,36	35,352	1,7676
264	ОАО «Ликеро-водочный завод Глазовский»	52,6659	58,1491	152,38	Алкогольные напитки	5873,7265	6462,1095	0,13	19,8094	0,99047
265	ОАО «Воткинский машиностроительный завод»	53,9852	57,0515	154,2	Оборудование для транспортировки и хранения газа, рефрижераторное оборудование, металлорежущие станки, нефтяное, газовое и горное оборудование	5952,9133	6340,1332	0,36	55,512	2,7756
266	ОАО «Воткинский завод газовой аппаратуры»	53,9846	57,0268	315,2	Бытовая техника	5952,9166	6337,3883	0,6	189,12	9,456
267	ООО «Кирпичный завод Воткинский»	53,9809	57,0262	790,7	Кирпич	5952,6937	6337,3216	0,31	245,117	12,25585

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
268	ООО «Воткинская птицефабрика»	53,9581	57,0421	450,39	Куриное мясо, яйца	5951,289	6339,0886	0,13	58,5507	2,927535
269	ОАО «Воткинский завод точного литья»	53,9846	57,0268	700	Литые заготовки	5952,9166	6337,3883	0,17	119	5,95
270	ООО «Завод точных заготовок»	53,9976	57,0294	900	Литая оснастка для термической и химико-термической обработки	5953,6991	6337,6772	0,17	153	7,65
271	ООО «Сарапульская обувная фабрика»	53,8017	56,4507	2,63	Обувь	5942,5975	6273,3663	0,66	1,7358	0,08679
272	ООО «Сарапульская швейная фабрика»	53,8204	56,4761	2,63	Одежда	5943,7129	6276,189	0,66	1,7358	0,08679
273	ЗАО «Сарапульская кондитерская фабрика»	53,8037	56,4638	4,6	Кондитерские изделия	5942,7033	6274,8221	0,13	0,598	0,0299
274	ЗАО «Сарапульский дрожжепивоваренный завод»	53,8039	56,4583	152,38	Алкобольные напитки	5942,7228	6274,2109	0,13	19,8094	0,99047
275	ОАО «Сарапульский ликероводочный завод»	53,8135	56,4582	462,1	Алкобольные напитки	5943,3127	6274,1998	0,13	60,073	3,00365
276	ОАО «Балезинский литейно-механический завод»	53,0074	57,9843	715,12	Печное литье, посуда алюминиевая	5893,7673	6443,7953	0,36	257,443	12,8721
277	ООО «Балезинский деревообрабатывающий комбинат»	53,0178	57,9955	1024	Каркасно-панельные дома, погонажные изделия	5894,3801	6445,0399	0,36	368,64	18,432
278	ООО «Балезинский завод строительных материалов»	53,0091	57,9824	145,12	Железобетонные изделия	5893,8676	6443,5841	0,25	36,28	1,814
279	ООО «Кизнерская кондитерская фабрика»	51,518	56,2735	94,84	Кондитерские изделия	5801,8344	6253,6741	0,13	12,3292	0,61646

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
280	ООО «Игринский трубно-механический завод»	53,0862	57,5402	789	Насосно-компрессорные трубы и оборудование	5898,4755	6394,4424	0,36	284,04	14,202
281	ООО «Можгинский литейный завод Арсенал»	52,1957	56,4322	154,8	Литые заготовки и готовые изделия из чугуна и стали	5843,8809	6271,3104	0,36	55,728	2,7864
282	ЗАО «Чепецкая мебельная фабрика»	53,3889	57,8847	670,2	Деревянные стулья	5916,3205	6432,7267	0,3	201,06	10,053
283	ООО «Стекольный завод Факел»	53,0221	57,6356	64	Стекланная тара	5894,6466	6405,0442	0,13	8,32	0,416
284	ООО «Птицефабрика Вараксино»	53,0878	56,8661	30	Яйцо куриное	5898,6675	6319,5297	0,13	3,9	0,195
285	ООО «Увинский завод строительных материалов»	52,2809	56,9761	112	Кирпич	5849,7537	6331,754	0,31	34,72	1,736
286	ООО «Нылгинская мебельная фабрика»	52,3755	56,7688	960,3	Детская мебель	5855,276	6308,7167	0,3	288,09	14,4045
287	ЗАО «Трикотажная фабрика Шаркан-трикотаж»	53,8765	57,2944	2,63	Трикотажные изделия	5945,9922	6367,1267	0,66	1,7358	0,08679
<b>Чувашская Республика</b>										
288	ОАО «Промтрактор»	47,3324	56,1152	587,3	Бульдозерно-рыхлительные агрегаты, трубоукладчики, погрузчики, колесные бульдозеры	5541,9743	6236,0822	0,2	117,46	5,873
289	ОАО «Научно-производственный комплекс ЭЛАРА им. Г.А. Ильенко»	47,2045	56,1435	247,3	Авиационная техника, приборы и системы для железнодорожного транспорта, банковское оборудование, автомобильная электроника	5534,3095	6239,2272	0,25	61,825	3,09125
290	ООО «Обувная фабрика Старатель»	47,2734	56,1424	170	Обувь	5538,5676	6239,1049	0,66	112,2	5,61

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
291	ООО «Швейная фабрика ФИЛ»	47,3096	56,1256	2,63	Женская одежда	5540,6561	6237,2379	0,66	1,7358	0,08679
292	ОАО «Чувашкабель»	47,298	56,1161	514,2	Кабельно-проводниковая продукция	5539,8499	6236,1822	0,36	185,112	9,2556
293	ООО «Швейная фабрика Ольга»	47,2291	56,1247	2,63	Одежда	5535,6586	6237,1379	0,66	1,7358	0,08679
294	ОАО «Завод Чебоксарская керамика»	47,267	56,0796	450	Керамический кирпич, гравий керамзитовый	5537,5911	6232,1259	0,31	139,5	6,975
295	АО «Чебоксарский завод РТИ»	47,2765	56,0764	156,84	Ремкомплекты для автомобилей	5538,1511	6231,7703	0,36	56,4624	2,82312
296	ОАО «Чебоксарский агрегатный завод»	47,2845	56,1243	264,3	Ходовые системы для гусеничной техники	5539,0885	6237,0935	0,36	95,148	4,7574
297	ООО «Чебоксарский литейный завод ПромЛитСнаб»	47,3276	56,1265	124,6	Цветное литье	5541,78	6237,3379	0,6	74,76	3,738
298	ОАО «Чебоксарский завод строительных материалов»	47,2276	56,1494	165,7	Кирпич, камень	5535,7954	6239,8828	0,31	51,367	2,56835
299	ОАО «Чебоксарская кондитерская фабрика Акконд»	47,2958	56,1364	94,84	Кондитерские изделия	5539,9001	6238,4381	0,13	12,3292	0,61646
300	ООО «Кондитерская фабрика Сладстена»	47,2789	56,0754	94,84	Кондитерские изделия	5538,2908	6231,6592	0,13	12,3292	0,61646
301	ЗАО «Чебоксарский электрозавод Трансформатор»	47,2768	56,1335	69,7	Трансформаторы силовые	5538,6962	6238,1159	0,36	25,092	1,2546
302	ООО «Чебоксарский трикотаж»	47,2818	56,135	65,3	Трикотажные изделия	5539,0198	6238,2826	0,66	43,098	2,1549
303	ОАО «Букет Чувашии»	47,3145	56,134	152,38	Алкогольные и безалкогольные напитки	5541,0368	6238,1714	0,13	19,8094	0,99047



Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
304	ОАО «Чебоксарский ликеро-водочный завод»	47,2359	56,1515	152,38	Алкогольные напитки	5536,329	6240,1162	0,13	19,8094	0,99047
305	ООО «Меховая фабрика Керек»	47,3123	56,1272	145,2	Одежда	5540,8382	6237,4157	0,66	95,832	4,7916
306	ООО «Чебоксарская меховая фабрика Золотой Овен»	47,2884	56,0999	263	Одежда	5539,1057	6234,3819	0,66	173,58	8,679
307	ОАО «Чебоксарский завод энергооборудования»	47,2377	56,1136	552,7	Электрощитовое оборудование	5536,0886	6235,9044	0,36	198,972	9,9486
308	ООО «Обувная фабрика Юта»	47,2734	56,1424	200,45	Обувь	5538,5676	6239,1049	0,66	132,297	6,61485
309	ООО «Чебоксарский трубный завод»	47,5085	56,1099	1500	Полиэтиленовые трубы, сегментные части трубопроводов	5552,8445	6235,4932	0,3	450	22,5
310	ООО «Новочебоксарский электромеханический завод»	47,4957	56,1031	145,3	Электроизмерительные приборы	5551,9906	6234,7375	0,36	52,308	2,6154
311	ООО «Новочебоксарская швейная фабрика Пике»	47,4556	56,1073	2,63	Пижамы, нижнее белье	5549,5413	6235,2042	0,66	1,7358	0,08679
312	ОАО «Новочебоксарский завод строительных материалов»	47,5108	56,1239	103	Силикатный кирпич	5553,1109	6237,049	0,31	31,93	1,5965
313	ООО «Алатырский электромеханический завод Лисма»	46,5945	54,8606	870,2	Промышленные светильники и прожектора	5483,3778	6096,6585	0,36	313,272	15,6636
314	ОАО «Алатырский механический завод»	46,5747	54,8466	210	Запасные части для железнодорожного подвижного состава	5481,9678	6095,1027	0,36	75,6	3,78
315	ОАО «Алатырский светотехнический завод»	46,5945	54,8606	580,4	Прожекторы, светильники	5483,3778	6096,6585	0,36	208,944	10,4472

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
316	ЗАО «Канашский вагоноремонтный завод Промтрактор-вагон»	47,5252	55,5193	201	Ремонт и производство железнодорожного подвижного состава	5548,689	6169,8598	0,36	72,36	3,618
317	ООО «Канашский завод металлической дробы»	47,464	55,4961	136,2	Дробь стальная, чугунная	5544,631	6167,2816	0,17	23,154	1,1577
318	ОАО «Электроцит»	47,3016	56,046	365,4	Электротехническое оборудование	5539,4298	6228,392	0,6	219,24	10,962
319	ЗАО «Козловский завод электроаппаратуры»	48,2575	55,8434	100	Трансформаторные подстанции	5597,2514	6205,877	0,36	36	1,8
320	ОАО «Цивильский молочный завод»	47,4579	55,8591	2185	Цельномолочная, кисломолочная продукция	5547,4712	6207,6218	0,13	284,05	14,2025
321	ОАО «Чебоксарская Ватная Фабрика»	47,1936	55,735	2,63	Текстильные полотна и домашний текстиль	5529,8208	6193,8306	0,66	1,7358	0,08679
322	ООО «Агрохолдинг Юрма»	47,2086	56,0719	370,39	Яйца и мясо кур	5533,8955	6231,2702	0,13	48,1507	2,407535
323	ЗАО «Марпосадкабель»	47,7044	56,0964	521,2	Кабельно-проводниковая продукция	5564,8756	6233,9929	0,36	187,632	9,3816
324	ЗАО «Чебоксарский электромеханический завод»	47,5475	56,1147	1004	Электротехническая продукция	5555,3048	6236,0266	0,6	602,4	30,12
<b>Пермский край</b>										
325	ОАО «Пермский завод Машиностроитель»	56,3346	58,0686	542,6	Авиационное оборудование, оборудование для нефтехимии, продукция общепромышленного назначения	6089,4436	6453,1635	0,36	195,336	9,7668
326	ООО «Пермский электромеханический завод»	56,2055	57,9883	365,427	Электродвигатели, вибраторы	6082,2748	6444,2398	0,36	131,553	6,57768
327	ООО «Верхнекамская Строительная Компания»	56,0385	58,0341	1024	Катера, лодки, яхты	6072,2021	6449,3295	0,36	368,64	18,432

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
328	ОАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания»	56,2633	57,9999	542,1	Гироскопы, гирокомпасы, гироазимуты, курсокреноуказатели, акселерометры, электродвигатели	6085,6194	6445,5289	0,36	195,156	9,7578
329	ОАО «Пермский мотовозоремонтный завод»	56,2527	58,0187	2096	Промышленные машины, специальный подвижной состав	6084,8942	6447,6181	0,36	754,56	37,728
330	АО «Пермский Завод Металлообрабатывающих Центров»	56,5978	58,0513	520,1	Станки	6105,0252	6451,241	0,36	187,236	9,3618
331	ООО «Электротяжмаш-Привод»	57,8101	58,1232	635,4	Турбогенераторы, гидрогенераторы	6175,7871	6459,2312	0,36	228,744	11,4372
332	ОАО «Велта»	56,2636	57,9666	321,5	Велосипеды	6085,8159	6441,8283	0,36	115,74	5,787
333	ОАО «Верещагинский путевой ремонтно-механический завод»	54,6555	58,0766	1356	Снегоуборочная техника и грузовые вагоны различных типов	5990,6716	6454,0526	0,36	488,16	24,408
334	ОАО «Морион»	56,2054	57,9908	384,6	Оптические системы передачи	6082,2557	6444,5176	0,6	230,76	11,538
335	ООО «Фирма «Радиус-Сервис»	56,3086	57,9112	6705,79	Нефтепромысловое оборудования и трубопроводная арматуры	6088,7715	6435,6717	0,17	1139,98	56,9992
336	ОАО «Александровский машиностроительный завод»	57,5739	59,1622	1452,3	Конвейеры, электровозы	6154,0414	6574,6953	0,36	522,828	26,1414
337	ПАО «Мотовилихинские заводы»	56,3067	58,0359	2675,12	Артиллерия, минометы и комплексы, реактивные системы залпового огня	6087,9808	6449,5296	0,36	963,043	48,1521
338	ООО «Юго-Камский машиностроительный завод»	55,5836	57,7014	2675,12	Арматура нефтепромысловая устьевая, вентиль запорный, задвижки, клапан дренажный, краны стальные, метизы стальные, фланцы ответные	6046,8356	6412,3566	0,17	454,770	22,7385

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
339	ЗАО «ЭЛКАМ-нефтемаш»	56,2679	57,9778	789,3	Насосы штанговые скважинные, запасные части для насосов штанговых скважинных	6086,0093	6443,0729	0,36	284,148	14,2074
340	ООО «Пермский Завод Термической Обработки»	56,1517	57,9208	471,3	Химико-термическая обработка металлов	6079,4536	6436,7385	0,36	169,668	8,4834
341	«ООО УралТермоПром»»	56,1517	57,9208	654,2	Термическая обработка металла	6079,4536	6436,7385	0,36	235,512	11,7756
342	ЗАО «Пермский моторостроительный комплекс»	56,2525	57,9825	6847,124	Авиационные и ракетные двигатели, газотурбинные установки, вертолётные редукторы и транс-миссии	6085,0762	6443,5952	0,36	2464,96	123,248
343	ОАО «Пермские цветные металлы»	56,3077	58,0031	541,3	Вторичные алюминиевые сплавы	6088,2183	6445,8845	0,6	324,78	16,239
344	ОАО «Ависма»	56,804	59,4079	2 500	Титан, слитки, биллеты, слябы	6108,598	6601,9999	0,36	900	45
345	ОАО «Соликамский магниевый завод»	56,7531	59,607	260,4	Магниевая, химическая, редкометальная продукция	6104,468	6624,1259	0,36	93,744	4,6872
346	ОАО «Чусовской металлургический завод»	57,8149	58,2944	66,5	Металлопродукция	6174,7092	6478,2567	0,17	11,305	0,56525
347	ОАО «Нытва»	55,3284	57,9385	50,9	Металлопродукция	6030,7661	6438,7055	0,17	8,653	0,43265
348	ОАО «АК Лысьвенский металлургический завод»	57,7933	58,1051	110	Металлопродукция	6174,9435	6457,2198	0,17	18,7	0,935
349	ОАО «Краснокамский завод металлических сеток»	55,7649	58,0739	540	Металлические сетки	6055,9146	6453,7525	0,17	91,8	4,59
350	ОАО «Пашийский металлургическо-цементный завод»	58,2596	58,4302	180,5	Металлопродукция, цемент	6199,5169	6493,3481	0,3	54,15	2,7075
351	ОАО «Губахинский кокс»	57,562	58,8651	2100	Кокс металлургический, химические продукты	6155,6182	6541,6786	0,3	630	31,5
352	ОАО «Уралоргсинтез»	54,1478	56,7781	1000	Нефетепродукты, газ	5963,2572	6309,7503	0,01	10	0,5

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
353	ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез»	56,1388	57,9227	1480	Нефетепродукты, газ	6078,682	6436,9497	0,01	14,8	0,74
354	ООО «Лукойл-Пермь»	56,2319	58,0094	2400	Нефетепродукты, газ	6083,7187	6446,5846	0,01	24	1,2
355	ООО «Лукойл-Пермнефтегазпереработка»	56,213	57,9939	1470	Нефетепродукты, газ	6082,6873	6444,8621	0,1	147	7,35
356	ЗАО «Сибур-Химпром»	50,2685	53,2491	261,2	Химическая продукция	5711,5988	5917,5725	0,6	156,72	7,836
357	ОАО «ГалоПолимер Пермь»	55,9094	58,0155	267,12	Химическая продукция	6064,6913	6447,2625	0,6	160,272	8,0136
358	ОАО «Сорбент»	55,9319	57,9917	467	Химическая продукция	6066,1314	6444,6176	0,6	280,2	14,01
359	ОАО «Уралкалий»	56,7636	59,6244	100	Химическая продукция	6104,9491	6626,0596	0,6	60	3
360	ОАО «Азот»	56,7482	59,4091	494,2	Азотные удобрения	6105,4328	6602,1333	0,6	296,52	14,826
361	ОАО «Метафракс»	57,5545	58,8371	1100	Химическая продукция	6155,3988	6538,5669	0,6	660	33
362	ООО «Хенкель-Рус»	55,923	58,0188	160	Химическая продукция	6065,4765	6447,6292	0,6	96	4,8
363	ОАО «Минеральные удобрения»	56,1652	57,8839	280	Химическая продукция	6080,4428	6432,6378	0,6	168	8,4
364	Пермская печатная фабрика «Гознак»	56,1975	57,9898	1136	Банкноты	6081,7953	6444,4065	0,9	1022,4	51,12
365	ОАО «Пиломатериалы Красный Октябрь»	56,139	58,0062	320,4	Различные пиломатериалы	6078,2626	6446,229	0,3	96,12	4,806
366	ОАО «Соликамскбумпром»	56,6818	59,6957	443	Газетная бумага	6099,91	6633,9831	0,9	398,7	19,935
367	ОАО «Целлюлозно-бумажный комбинат Кама»	55,7822	58,0698	510	Целлюлозно-бумажная продукция	6056,9507	6453,2969	0,9	459	22,95
368	«Краснокамская бумажная фабрика»	55,7428	58,0765	1136	Бумага	6054,6033	6454,0414	0,9	1022,4	51,12
369	ООО «Пермский фанерный комбинат»	55,5542	57,9416	710,8	Фанера	6044,0811	6439,05	0,3	213,24	10,662

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
370	ООО «Вишерский целлюлозно-бумажный комбинат»	57,0792	60,4026	1136	Целлюлозно-бумажная продукция	6117,3585	6712,5409	0,9	1022,4	51,12
371	Филиал ООО «Нестле Россия» в Перми	56,2654	57,9461	30	Кондитерские изделия	6086,0322	6439,5501	0,13	3,9	0,195
372	ОАО «Кондитерская фабрика Пермская»	56,3192	58,0464	94,84	Кондитерские изделия	6088,6592	6450,6964	0,13	12,3292	0,61646
373	ООО «Юнимилк»	56,2626	57,9502	1271	Молочная продукция	6085,845	6440,0057	0,13	165,23	8,2615
374	ОАО «Покровский хлеб»	56,2392	57,9825	36,5	Хлебобулочные и кондитерские изделия	6084,2921	6443,5952	0,13	4,745	0,23725
375	ОАО «ЖБК-1»	56,2597	57,9729	120	Железобетонные изделия	6085,5521	6442,5284	0,01	1,2	0,06
376	ООО «Камский кабель»	56,2924	58,1226	254,3	Кабели	6086,6688	6459,1645	0,36	91,548	4,5774
377	ООО «Инкаб»	56,2633	57,9999	7,37	Оптический кабель	6085,6194	6445,5289	0,36	2,6532	0,13266
378	ПАО «Мотовилихинские заводы»	56,1805	58,0204	100	Военная продукция металлургическая продукция, нефтепромысловое оборудование	6080,6332	6447,8071	0,36	36	1,8
379	ООО «Трубопровод-спецстрой»	56,3472	58,073	547,6	Трубы	6090,1603	6453,6525	0,17	93,092	4,6546
380	ОАО «Горнозаводск-цемент»	58,3309	58,3747	2700	Цемент	6204,1566	6487,1804	0,3	810	40,5
381	ОАО «Березниковский содовый завод»	56,7644	59,4258	210	Сода	6106,2445	6603,9892	0,3	63	3,15
<b>Кировская область</b>										
382	ОАО «Электромашиностроительный завод ЛЕПСЕ»	49,649	58,6242	2354,6	Электродвигатели, шлифовальные машины, электрические ножницы, отбойные молотки, дрели-шуруповёрты	5699,3299	6514,9073	0,36	847,656	42,3828

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
383	ОАО «Кировский станкостроительный завод»	49,6604	58,6033	128,9	Станки	5699,8742	6512,5847	0,36	46,404	2,3202
384	ЗАО «Красный инструментальщик»	49,6675	58,614	650,1	Инструменты	5700,3446	6513,7738	0,36	234,036	11,7018
385	ООО «РИМ-Х»	49,7041	58,5046	670,2	Производство деревообрабатывающих станков, металлоконструкции, ножи для деревообработки	5701,8671	6501,6162	0,36	241,272	12,0636
386	ОАО «Ново - Вятка»	49,6689	58,6133	368,5	Шестеренные насосы, бытовая техника	5700,4218	6513,696	0,36	132,66	6,633
387	ОАО «Физприбор»	49,6531	58,6247	584	Ультразвуковой дефектоскоп, толщиномер, ультразвуковые преобразователи, метрологическое оборудование, кабели	5699,57	6514,9629	0,36	210,24	10,512
388	ОАО «Электропривод»	49,649	58,6242	1478	Автоматизированные электроприводы, электромеханизмы, электродвигатели,	5699,3299	6514,9073	0,36	532,08	26,604
389	ОАО «Вятка»	49,5953	58,5764	26,2	Бесшовные горячекатаные трубы из углеродистых, конструкционных и легированных сталей	5695,9514	6509,5953	0,36	9,432	0,4716
390	ОАО «Завод «Сельмаш»	49,5953	58,5764	62,7	Корпуса артиллерийских осколочно-фугасных и кумулятивных снарядов, мин, неуправляемых авиационных ракет, замки	5695,9514	6509,5953	0,36	22,572	1,1286

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
391	ОАО «АВИТЕК»	49,5965	58,6354	1245	Ракетные зенитные модули, кресла-катапульты, ракеты-мишени, грузоподъемные механизмы для авиации, держатели балочные для вертолетов, кресла машиниста локомотива	5696,3536	6516,152	0,36	448,2	22,41
392	ОАО ЭЗСО «Динамо»	49,6643	58,6094	364,95	Спортивное оборудование	5700,1339	6513,2626	0,36	131,382	6,5691
393	ОАО «Ремстройгидравлика»	49,6276	58,5733	158,2	Металлоконструкции и металлоизделия	5697,8066	6509,2508	0,6	94,92	4,746
394	ГУП «Спецоборудование»	49,5953	58,5764	340	Сейфы, шкафы, решетки, металлические двери и ворота	5695,9514	6509,5953	0,72	244,8	12,24
395	ОАО «Веста»	49,6142	58,5876	89,3	Бытовая техника	5697,1099	6510,84	0,9	80,37	4,0185
396	ООО «Ремонтно-механический завод Кирово-Чепецкого химического комбината»	49,9997	58,5535	210	Нестандартное оборудование для химической, нефтехимической отраслей	5719,2818	6507,0505	0,36	75,6	3,78
397	ОАО «Слободской машиностроительный завод»	50,1855	58,7462	362,8	Миксера-кормораз-датчики, измельчители рулонов, оборудование для производства комбикорма, полуприцепы, бульдозерное оборудование	5730,9591	6528,4652	0,36	130,608	6,5304
398	ООО «Молот Мэттем»	51,0701	56,2315	210	Механические замки	5774,0509	6249,0066	0,36	75,6	3,78
399	ОАО «Кирскабель»	52,2429	59,3385	257,8	Провода, кабели силовые	5850,3994	6594,2875	0,6	154,68	7,734
400	ПКП «МИТО»	49,9764	58,5408	147	Стержни, пластины, трубы, втулки, ленты, пленки	5717,8666	6505,6391	0,17	24,99	1,2495
401	ОАО «Вэлконт»	50,0248	58,5424	2369	Коммутационная аппаратура, резинотехнические изделия	5720,6832	6505,8169	0,6	1421,4	71,07



Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
402	ОАО «Аркульский судостроительно-ремонтный завод им. Кирова»	50,0423	57,2814	320,7	Пиломатериал и столярные изделия, чугунное и цветное литье	5715,5664	6365,682	0,3	96,21	4,8105
403	ОАО «Кировский завод»Маяк»	49,6588	58,5984	100	Военная продукция	5699,7544	6512,0402	0,36	36	1,8
404	ОАО «Кировский завод по обработке цветных металлов»	49,6355	58,6317	110	Плиты, листы, ленты, полосы, прутки, трубы, проволока	5698,5901	6515,7408	0,36	39,6	1,98
405	ЗАО «Омутнинский металлургический завод»	52,1778	58,6652	150	Металлопродукция	5845,7869	6519,4637	0,41	61,5	3,075
406	ОАО «Песковский литейный завод»	52,3572	59,0436	240	Металлопродукция	5856,5648	6561,5153	0,17	40,8	2,04
407	ОАО «Шинный комплекс Амтел-Поволжье»	49,6706	58,6183	350,84	Шины для различных видов транспорта	5700,5478	6514,2517	0,6	210,504	10,5252
408	ООО «БиоХимЗавод»	49,5987	58,6168	365,4	Химическая продукция	5696,3761	6514,085	0,6	219,24	10,962
409	ОАО «Кировская фармацевтическая фабрика»	49,6749	58,6043	45,63	Лекарства	5700,7197	6512,6959	0,8	36,504	1,8252
410	«Завод минеральных удобрений КЧХК»	49,9909	58,557	2170	Азотные минеральные удобрения	5718,7887	6507,4394	0,36	781,2	39,06
411	ООО «Кирово-Чепецкая химическая компания»	49,9764	58,5408	22,2	Химическая продукция	5717,8666	6505,6391	0,6	13,32	0,666
412	ООО «Восток»	52,2455	58,787	1,5	Медикоменты	5849,8541	6532,9993	0,8	1,2	0,06
413	ООО «Вымпел — М»	48,3066	58,2837	1500	Сантехника	5618,9705	6477,0676	0,86	1290	64,5
414	ЗАО НПО «Химсинтез»	50,0429	58,5366	255,12	Химическая продукция	5721,7051	6505,1724	0,6	153,072	7,6536
415	ООО «Орбита СП»	49,992	58,5503	147,5	Химическая продукция	5718,8192	6506,6948	0,6	88,5	4,425
416	ООО «Кирово-Чепецкий завод «Агрохимикат»	49,9764	58,5408	53,2	Химическая продукция	5717,8666	6505,6391	0,6	31,92	1,596

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
417	ООО «Чепецкнефте-продукт»	49,9848	58,5233	6717,7	Нефтепродукты	5718,2667	6503,6943	0,01	67,177	3,35885
418	ООО «ЛКП МИТО»	49,9764	58,5408	637	Промышленное оборудование	5717,8666	6505,6391	0,36	229,32	11,466
419	ОАО «Завод полимерных изделий ЛИТОН»	49,6709	58,6312	165,6	Тара и упаковка	5700,6364	6515,6853	0,36	59,616	2,9808
420	ООО «ГалоПолимер Кирово-Чепецк»	49,9896	58,557	127	Химическая продукция	5718,7133	6507,4394	0,6	76,2	3,81
421	Компания «ФорестТ»	49,6696	58,6029	86,4	Продукция деревообработки	5700,405	6512,5403	0,3	25,92	1,296
422	ОАО «Лесной профиль»	49,6424	58,6009	308	Продукция деревообработки	5698,8182	6512,318	0,3	92,4	4,62
423	ОАО «Нововятский лыжный комбинат»	49,7015	58,5095	67,2	Лыжи	5701,7428	6502,1607	0,3	20,16	1,008
424	ООО ЛПК «Полеко»	47,0828	60,3513	67,2	Продукция деревообработки	5567,8497	6706,84	0,3	20,16	1,008
425	ЗАО ПО «Ресурс»	50,0317	58,556	28,9	Элитная кухонная мебель, мебель из сосны	5721,1504	6507,3283	0,3	8,67	0,4335
426	ЗАО Компания «МЦ-5»	49,9764	58,5408	1515	Диваны	5717,8666	6505,6391	0,96	1454,4	72,72
427	ООО «Мебельная фабрика Лотус»	49,6253	58,623	860,1	Мебель для гостиной, спальные гарнитуры	5697,9511	6514,774	0,3	258,03	12,9015
428	ЗАО «Красный якорь»	50,1983	58,7113	67,2	Фанера	5731,5353	6524,5868	0,3	20,16	1,008
429	ОАО «Лузский ЛПК»	47,242	60,6361	67,2	Лесозаготовки	5579,3764	6738,4898	0,3	20,16	1,008
430	ООО «Слободской мебельный комбинат»	50,182	58,7455	750,4	Мебель и изделия из дерева	5730,7539	6528,3874	0,3	225,12	11,256
431	ООО «Новая Вятка»	49,744	58,4955	670,2	Продукция деревообработки	5704,1359	6500,6049	0,3	201,06	10,053
432	ОАО «Кировский мясокомбинат»	49,6626	58,6182	563	Колбасные изделия	5700,084	6514,2406	0,13	73,19	3,6595
433	ОАО «Вятич»	49,6697	58,5824	152,38	Алкогольные безалкогольные напитки	5700,2977	6510,2621	0,13	19,8094	0,99047
434	ОАО «Кирово-Чепецкий хлебокомбинат»	50,0661	58,5423	33	Хлебобулочные и кондитерские изделия	5723,0793	6505,8058	0,13	4,29	0,2145
435	ОАО «Городской молочный завод»	50,0285	58,5439	23,6	Молочная продукция	5720,9053	6505,9836	0,13	3,068	0,1534

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
436	ОАО «Уржумский спиртоводочный завод»	50,0029	57,1212	152,38	Спиртные напитки	5712,4151	6347,879	0,13	19,8094	0,99047
437	ОАО «Слободской мясокомбинат»	50,1664	58,7396	531	Колбасная продукция	5729,8261	6527,7317	0,13	69,03	3,4515
438	ЗАО «Кировский молочный комбинат»	49,6375	58,5938	72	Молочная продукция	5698,4948	6511,529	0,13	9,36	0,468
439	ОАО «Кировский кондитерско-макаронный комбинат»	49,6723	58,5821	68,2	Хлебобулочные и кондитерские изделия	5700,4467	6510,2288	0,13	8,866	0,4433
440	ООО «Швейная фабрика 8 Марта»	49,6827	58,62	2,63	Одежда	5701,2578	6514,4406	0,66	1,7358	0,08679
441	ОАО «Кировская трикотажная фабрика»	49,6401	58,6362	2,63	Одежда	5698,8814	6516,2409	0,66	1,7358	0,08679
442	АО «Слободское меховое Белка»	50,1608	58,721	2,63	Меховые изделия	5729,4154	6525,6647	0,66	1,7358	0,08679
443	ОАО «Метако»	49,68	58,6181	247	Меловые изделия из шубно-овчинного сырья	5701,091	6514,2295	0,66	163,02	8,151
444	ГП «Кировский биохимический завод»	49,5986	58,6167	152,38	Фурфуриловый спирт, этиловый спирт, дрожжи кормовые	5696,3698	6514,0739	0,13	19,8094	0,99047
445	СХПК «Пижанское»	55,6137	53,0371	142,5	Мясомолочная продукция	6068,0864	5894,0129	0,13	18,525	0,92625
446	ОАО «Кировский маргаринный завод»	49,6216	58,6008	249,34	Производство майонеза и маргарина	5697,6126	6512,3069	0,13	32,4142	1,62071
447	СХПК Агрофирма «Средне-Ивкино»	49,4379	58,0028	340,62	Молочное	5683,4532	6445,8512	0,13	44,2806	2,21403
448	СХПК племзавод «Октябрьский»	50,079	58,1973	340,62	Мясомолочная продукция	5722,1627	6467,4659	0,13	44,2806	2,21403
449	СХПК племзавод «Соколовка»	51,227	58,2709	370,39	Племенное свиноводство	5789,6499	6475,6451	0,13	48,1507	2,40753
450	СХПК «Зерновой»	49,687	58,5894	537,2	Зерновая продукция	5701,3388	6511,04	0,13	69,836	3,4918

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
451	АОЗТ «Зверохозяйство «Вятка»	49,8794	58,6539	370,39	Пушное звероводство	5712,8221	6518,2079	0,13	48,1507	2,40753
452	АОЗТ агрофирма «Дороничи»	49,7488	58,4914	496,3	Свиноводческая продукция	5704,3928	6500,1493	0,13	64,519	3,22595
453	ЗАО племзавод «Красногорский»	49,4933	58,6142	340,62	Молочная продукция	5690,2578	6513,796	0,13	44,2806	2,21403
454	ОАО «Вахрушиюфть»	50,0298	58,6809	632,2	Юфтевые кожтовары	5721,6549	6521,2084	0,66	417,252	20,8626
455	ОАО «Кировский комбинат искусственных кож»	49,6626	58,6182	800	Искусственные кожи, подошвы	5700,084	6514,2406	0,66	528	26,4
<b>Нижегородская область</b>										
456	ООО «Нижегородский мукомольный завод»	43,9511	56,3135	1020	Мука	5335,2485	6258,1193	0,13	132,6	6,63
457	ОАО «Линдовская птицефабрика»	44,11	56,6233	370,39	Мясо куриное, субпродукты	5349,5039	6292,5473	0,13	48,1507	2,40753
458	ООО «Семеновский фанерный завод»	44,5243	57,1465	670,2	Фанера	5382,0561	6350,6905	0,3	201,06	10,053
459	ОАО «Досчатинский завод медицинского оборудования»	42,1061	55,4044	341	Медицинское оборудование	5205,5522	6157,091	0,36	122,76	6,138
460	ОАО «Целлюлозно-бумажный комбинат Волга»	43,5618	56,532	1136	Газетная и оберточная бумага	5314,5732	6282,4012	0,3	340,8	17,04
461	ООО «Приокский механический завод»	43,9968	56,2471	328	Баки различной формы, бункеры, воздухопроводы, газоходы, емкости	5337,102	6250,7402	0,36	118,08	5,904
462	ООО «Мебельная фабрика Континент»	44,038	56,3177	259	Мебель	5340,6687	6258,586	0,3	77,7	3,885
463	ООО Фабрика мягкой мебели «Виза»	44,0072	56,2458	209	Мебель	5337,7256	6250,5958	0,3	62,7	3,135

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
464	ООО Фабрика мягкой мебели «Ассамблея»	43,9055	56,3318	157	Мебель	5332,7049	6260,1529	0,3	47,1	2,355
465	ОАО «Нижегородский машиностроительный завод»	43,892	56,3333	234,7	Военная техника, комбайны, микроволновые печи, пылесосы «Циклон»	5331,8948	6260,3196	0,36	84,492	4,2246
466	ООО «Нижегородская швейная фабрика Маяк»	44,0001	56,3315	146,3	Женская верхняя одежда	5338,5321	6260,1196	0,66	96,558	4,8279
467	ЗАО «Деревообрабатывающий комбинат Н. М.»	43,8585	56,3046	574,3	Оконные блоки, клееные деревянные конструкции	5329,4061	6257,1302	0,3	172,29	8,6145
468	АО «Швейная фабрика Заря»	43,8416	56,307	53	Пальто	5328,399	6257,3969	0,66	34,98	1,749
469	ООО «Нижегородский деревообрабатывающий завод»	43,8965	56,2281	4252,7	Блоки дверные, изделия погонажные, изделия столярные, оконные блоки, подоконная доска из массива	5330,6262	6248,6288	0,3	1275,81	63,7905
470	ООО «Волго-окский деревообрабатывающий комбинат»	43,8965	56,2281	62,7	Деревянные дома, бани, беседки	5330,6262	6248,6288	0,3	18,81	0,9405
471	ЗАО «Завод фрезерных станков»	43,9415	56,2721	147,6	Станки	5334,0509	6253,5185	0,36	53,136	2,6568
472	ОАО «Нижегородский завод испытательного и технологического оборудования»	43,9228	56,3161	287,8	Задвижки клиновые, задвижки шиберные, клапаны запорные, клапаны запорные сильфонные, клапаны обратные, краны шаровые	5333,5412	6258,4082	0,36	103,608	5,1804
473	ООО Нижегородская мебельная фабрика «Мебельградъ»	44,0072	56,2458	148	Мебель	5337,7256	6250,5958	0,36	53,28	2,664

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
474	ОАО «Нижегородский молочный завод №1»	43,875	56,2559	440,62	Молочная продукция	5329,7066	6251,7182	0,13	57,2806	2,86403
475	ОАО «Выксунский металлургический завод»	42,1549	55,3258	460	Электросварные трубы, железнодорожные колеса	5207,272	6148,3562	0,17	78,2	3,91
476	ООО «Шиморский судоремонтный завод»	42,01	55,3241	187	Ремонт судов всех типов и классов	5198,0758	6148,1672	0,1	18,7	0,935
477	ОАО «Сергачский сахарный завод»	45,4549	55,5254	2662,26	Крахмалопаточная продукция	5418,436	6170,5377	0,13	346,0938	17,30469
478	ООО «Нижегородская птицефабрика»	43,6526	56,4144	470,39	Яйца, мясо птицы	5318,3627	6269,3323	0,13	61,1507	3,05753
479	ОАО «Ворсменская птицефабрика»	43,2092	55,9601	470,39	Яйца, мясо куриное	5283,9165	6218,8459	0,13	61,1507	3,05753
480	ОАО «Навашинский завод стройматериалов»	42,1958	55,5097	1250,7	Кирпич силикатный, камень, пиломатериалы	5213,034	6168,793	0,31	387,717	19,3858
481	ООО «Кварцевые пески»	44,8451	57,0281	600	Формовочный, кварцевый и стекольный песок	5399,8345	6337,5328	0,31	186	9,3
482	ОАО Спиртзавод «Чугуновский»	45,6904	56,0497	192,38	Алкогольная продукция	5439,4091	6228,8032	0,13	25,0094	1,25047
483	ООО «Новая Лысковская трикотажная фабрика»	45,0767	56,0421	2,63	Трикотажные изделия для детей и взрослых	5401,2018	6227,9586	0,66	1,7358	0,08679
484	ПАО «Княгининская швейная фабрика»	45,0322	55,8206	2,63	Форменная одежда и головные уборы	5395,6006	6203,3433	0,66	1,7358	0,08679
485	«Медико-инструментальный завод им. В.И. Ленина - Ворсма»	43,2759	55,9909	147,6	Медицинское оборудование	5288,5499	6222,2687	0,36	53,136	2,6568
486	ООО «Ткацкая фабрика Дали Н»»	44,0027	56,2424	2,63	Ткани для отделки интерьера и производства мебели	5337,3983	6250,2179	0,66	1,7358	0,08679

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
487	ООО «ЛУКОЙЛ - Нижегороднефтеоргсинтез»	44,1451	56,1085	2800,8	Бензин, дизельное топливо	5344,2854	6235,3376	0,01	28,008	1,4004
488	ОАО «Павловский автобус»	43,0935	55,9754	6500	Автобусы малого и среднего классов	5276,9587	6220,5462	0,36	2340	117
489	ООО «Завод Вулканит»	43,0646	55,9646	612,3	Абразивный инструмент на вулканитовой связке	5274,988	6219,346	0,36	220,428	11,0214
490	ОАО «Павловский машиностроительный завод Восход»»	43,0692	55,9496	943,1	Электрогидравлические приводы и агрегаты для систем автоматического управления летательными аппаратами	5275,0347	6217,679	0,36	339,516	16,9758
491	ОАО «Заволжский моторный завод»	43,392	56,6417	158	Двигатели внутреннего сгорания	5305,8683	6294,5921	0,36	56,88	2,844
492	ООО «Литейный завод РосАЛит»	43,392	56,6417	3475,12	Алюминиевое литье	5305,8683	6294,5921	0,17	590,770	29,5385
493	ООО «Балахнинский горно-обогатительный комбинат»	43,5401	56,465	650	Обогащенный формовочный песок, стекольный песок, кварцевый фракционированный песок	5312,2168	6274,9555	0,17	110,5	5,525
494	ОАО «Балахнинский машиностроительный завод»	43,5204	56,4604	2675,12	Градири, очистные сооружения	5310,9361	6274,4443	0,17	454,7704	22,73852
495	ООО «Володарский мукомольный завод»	43,1561	56,2163	1020	Мучная продукция	5284,6733	6247,3174	0,13	132,6	6,63
496	ОАО «Кулебакский металлургический завод»	42,5297	55,4214	2875,12	Цельнокатаные и сварные кольцевые заготовки	5232,5803	6158,9802	0,17	488,770	24,4385
497	ОАО «Кулебакский завод металлоконструкций»	42,516	55,4199	369	Металлоконструкции любого вида	5231,6906	6158,8135	0,36	132,84	6,642
498	ООО «Швейная фабрика Сокол»	43,1603	57,1427	2,63	Спецодежда, рабочие халаты	5299,7153	6350,2683	0,66	1,7358	0,08679

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
499	ОАО «Ильиногорский комбикормовый завод»	42,9779	56,2255	1,47	Корма для животных	5273,8038	6248,3398	0,13	0,1911	0,00955
500	ЗАО «Пивоваренный завод Лысковский»	45,0562	56,0356	152,38	Безалкогольные и алкогольные напитки	5399,8454	6227,2362	0,13	19,8094	0,99047
501	ООО «Большемурашкинская швейная фабрика»	44,7589	55,7837	2,63	Постельные принадлежности, спецодежда, одеяла	5378,04	6199,2426	0,66	1,7358	0,08679
502	ОАО «Птицефабрика Сеймовская»	43,1845	56,2418	33,39	Мясо куриное, полуфабрикаты, яйца, колбаса	5286,8331	6250,1512	0,13	4,3407	0,21703
503	ЗАО «Балахнинский завод стеклотары»	43,5204	56,4604	842	Стекланные бутылки для алкогольных и безалкогольных напитков и жидкостей	5310,9361	6274,4443	0,13	109,46	5,473
504	ОАО «Семеновский арматурный завод»	44,479	56,794	649	Запорная арматура	5374,4363	6311,5172	0,17	110,33	5,5165
505	ОАО «Семеновский литейно-механический завод»	44,5019	56,8007	1242	Трубопроводная чугунная арматура	5375,9233	6312,2618	0,17	211,14	10,557
506	ОАО «Семеновский комбикормовый завод»	44,4881	56,7932	1,65	Корма для животных	5374,9794	6311,4283	0,13	0,2145	0,01072
507	ООО «Павловская птицефабрика»	43,0101	55,9134	180,12	Мясо куриное, полуфабрикаты, копчености	5270,7738	6213,6561	0,13	23,4156	1,17078
508	ЗАО «Заволжский деревообрабатывающий завод»	43,4116	56,6471	2257,6	Деревообработанная продукция	5307,1507	6295,1922	0,3	677,28	33,864
509	ООО «Мебельная фабрика ЮТА»	43,3933	56,649	1078	Корпусная мебель	5306,0615	6295,4034	0,3	323,4	16,17
510	ООО «СИБУР-Кстово»	44,1361	56,1262	1420	Этилен	5343,9801	6237,3046	0,13	184,6	9,23
511	ООО «Нижегородский кабельный завод»	44,3455	56,1447	145,2	Кабельно-проводниковая продукция	5357,216	6239,3605	0,36	52,272	2,6136



Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
512	ЗАО «Заволжский завод гусеничных тягачей»	43,4132	56,6344	1663	Гусеничные плавающие вездеходы, запчасти	5307,0511	6293,7809	0,36	598,68	29,934
513	ОАО «РУСПОЛИМЕТ»	42,5297	55,4214	672,4	Металл	5232,5803	6158,9802	0,17	114,308	5,7154
514	ОАО «Гидроагрегат»	43,0692	55,9496	58,3	Воздушные винты	5275,0347	6217,679	0,36	20,988	1,0494
515	ОАО «Окская судовой верфь»	42,1842	55,5399	1445	Судостроение	5212,8262	6172,1491	0,1	144,5	7,225
516	ООО «Кондитерская фабрика 1 Мая»»	43,9448	56,315	114,84	Кондитерские изделия	5334,8819	6258,286	0,13	14,9292	0,74646
517	ООО «Мебельная фабрика Сильва»	43,4926	56,1081	270,47	Мягкая и корпусная мебель	5303,8212	6235,2932	0,3	81,141	4,05705
518	ОАО «Швейная фабрика Восход»	43,5045	56,1072	2,63	Верхняя одежда	5304,5453	6235,1931	0,66	1,7358	0,08679
519	ООО «Нижегородский завод по переработке РТИ»	43,4964	56,1086	60,84	Крошка из отработанных шин	5304,0645	6235,3487	0,36	21,9024	1,09512
520	ЗАО «Богородская кондитерская фабрика»	43,5089	56,1047	94,84	Пряники, печенье	5304,7799	6234,9153	0,13	12,3292	0,61646
521	ОАО «Богородский завод хромовых кож»	43,4808	56,1123	42,1	Натуральная кожа	5303,1539	6235,7599	0,13	5,473	0,27365
522	ООО «Нижегородский завод по переработке РТИ»	43,4964	56,1086	95,84	Резиновая крошка, резиновая плитка	5304,0645	6235,3487	0,36	34,5024	1,72512
523	ЗАО «Дзержинская мебельная фабрика»	43,4624	56,2527	1410	Корпусная мебель	5304,1722	6251,3626	0,3	423	21,15
524	ЗАО «Дзержинская швейная фабрика Русь»	43,4188	56,247	2,63	Мужские пальто, куртки, бушлаты и кители	5301,3909	6250,7291	0,66	1,7358	0,08679
525	ООО «Дзержинский пивоваренный завод»	43,4089	56,2463	152,38	Алкогольные и безалкогольные напитки	5300,7684	6250,6513	0,13	19,8094	0,99047
526	ООО «Нижегородский арматурный завод»	43,5908	56,2577	147,6	Трубопроводная арматура	5312,1797	6251,9182	0,17	25,092	1,2546

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
527	ООО «Дзержинский химический завод»	43,409	56,2634	190,6	Пластификатор ДОФ	5301,0392	6252,5516	0,6	114,36	5,718
528	ООО «Октябрьский судостроительный судоремонтный завод»	44,1927	56,29	453,2	Земснаряды, понтонные мосты	5349,8147	6255,5077	0,17	77,044	3,8522
529	ОАО «Борская войлочная фабрика»	43,9892	56,4047	54,3	Войлок	5338,926	6268,2543	0,66	35,838	1,7919
530	ОАО «Павловский опытно-механический завод»	43,1174	55,99	138,6	Оборудование для переработки сельскохозяйственной и рыбной продукции	5278,6778	6222,1687	0,36	49,896	2,4948
531	ООО «Индастриал-Крафт»	43,9939	56,4032	516,2	Конструкции для чистых помещений	5339,1933	6268,0876	0,36	185,832	9,2916
532	ОАО «Борский стекольный завод»	44,0892	56,3439	267,9	Полированное и автомобильное стекло	5344,2032	6261,4976	0,36	96,444	4,8222
533	ОАО «Борский трубный завод»	44,0781	56,3559	1150	Трубы электросварные прямошовные и товары народного потребления	5343,6921	6262,8312	0,17	195,5	9,775
534	ООО «Синтез-Полимер»	43,5202	56,2259	3155,12	Смолы, компаунды, лаки, бакелиты	5307,3328	6248,3843	0,6	1893,07	94,6536
535	ООО «Богородский завод керамических стеновых материалов»	43,4808	56,1123	124,7	Керамические камень и кирпич	5303,1539	6235,7599	0,31	38,657	1,93285
536	ОАО «Богородский машиностроительный завод»	44,0192	56,3181	247,6	Металлообрабатывающее оборудование, судовые двигатели	5339,5152	6258,6305	0,36	89,136	4,4568
537	ООО «Богородская швейная фабрика»	43,5182	56,0971	52,63	Одежда	5305,2405	6234,0707	0,66	34,7358	1,73679
538	ООО «Богородская обувная фабрика»	43,5087	56,1017	850	Обувь	5304,7216	6234,5819	0,66	561	28,05

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
539	ООО «Дельта Графо»	44,0192	56,3181	145,6	Электропечные трансформаторы	5339,5152	6258,6305	0,36	52,416	2,6208
540	ОАО «Павловский машиностроительный завод»	44,0045	56,2397	146,2	Емкостное, теплообменное, нестандартное оборудование	5337,4703	6249,9179	0,36	52,632	2,6316
541	ООО Мебельная фабрика «Нижегородмебель и К»	43,927	56,261	750,4	Мебель	5332,9932	6252,2849	0,3	225,12	11,256
542	ОАО «Завод Труд»	44,0005	56,2399	630,5	Хомуты, изделия военного назначения, кожгалантерейная фурнитура, металлофурнитура и металлоизделия	5337,226	6249,9401	0,36	226,98	11,349
543	ООО «Нижегородский завод теплообменного оборудования»	43,9803	56,2483	570,6	Водоводяные и пароводяные теплообменники	5336,1	6250,8736	0,36	205,416	10,2708
544	ООО «Автомоби-льный завод Чайка-Сервис»	43,7951	56,3666	1676,3	Сложная автоспецтехника	5326,4169	6264,0203	0,1	167,63	8,3815
545	ЗАО «Сормовская кондитерская фабрика»	43,9468	56,2697	146,7	Кондитерские изделия	5334,3431	6253,2518	0,13	19,071	0,95355
546	ООО «Кондитерская фабрика Братья Грим»	43,9468	56,2697	240,64	Кондитерские изделия	5334,3431	6253,2518	0,13	31,2832	1,56416
547	ОАО «Горьковский автомобильный завод»	43,8622	56,2446	452,3	Автобусы, автовоз-эвакуатор двухуровневый, автогидроподъемники телескопические	5328,7494	6250,4624	0,36	162,828	8,1414
548	ОАО «РУМО»	43,9308	56,2649	245,2	Дизельные и газовые двигатели	5333,2849	6252,7183	0,36	88,272	4,4136
549	ОАО «Завод Красное Сормово»	43,8705	56,3589	228,6	Судостроение	5330,947	6263,1646	0,17	38,862	1,9431
550	ОАО «Горьковский завод аппаратуры связи им. А.С.Попова»	43,9483	56,3101	69,5	Аппаратура связи, медтехника	5335,0261	6257,7414	0,36	25,02	1,251

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
551	ОАО «Завод им. Г. И. Петровского»	44,0412	56,3195	750	Спецтехника для ВМФ; авионика;	5340,8921	6258,786	0,36	270	13,5
552	ООО «Нижегородские моторы»	43,9035	56,2728	442,5	Коробки передач, рулевые механизмы, компрессора, дизельные двигатели	5331,7151	6253,5963	0,36	159,3	7,965
553	АО «Нижегородский химико-фармацевтический завод»	44,017	56,3021	1002	Лекарственные препараты	5339,1474	6256,8524	0,6	601,2	30,06
554	ПАО «Завод Красная Этна»	43,9095	56,2954	5932	Крепёжные изделия для автомобильной промышленности	5332,4172	6256,1078	0,36	2135,52	106,776
555	ОАО «СИБУР-Нефтехим»	44,0165	56,3101	14000	Окиси этилена и гликолей» и «акриловых кислот и эфиров»	5339,2326	6257,7414	0,6	8400	420
556	ОАО «Арзамасский приборостроительный завод имени П.И. Пландина»	43,8341	55,3876	250	Гироскопические приборы	5314,4023	6155,224	0,36	90	4,5
557	ООО «Арзамасский завод газового оборудования»	43,8341	55,3876	4187	Газ	5314,4023	6155,224	0,01	41,87	2,0935
558	ОАО «Коммаш»	43,8019	55,4047	4500	Газовое оборудование	5312,6198	6157,1243	0,36	1620	81
559	ООО «Кстовский трубный завод»	44,2228	56,1477	181,5	Трубы и фасонные изделия из полиэтилена	5349,6576	6239,6939	0,17	30,855	1,54275
560	ЗАО «Кстовская мебельная фабрика»	44,169	56,182	636	Корпусная мебель	5346,8134	6243,5057	0,3	190,8	9,54
561	ОАО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез»	44,1361	56,1262	26800	Мазут, битум, топливо	5343,9801	6237,3046	0,01	268	13,4
562	ООО «Кстовский молочный завод»	44,213	56,1472	836,5	Цельномолочная продукция	5349,0435	6239,6383	0,13	108,745	5,43725
563	ЗАО «Арзамасская кондитерская фабрика»	43,8132	55,3806	224,84	Кондитерские изделия	5312,9795	6154,4461	0,13	29,2292	1,46146

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
564	ООО «Арзамасский электромеханический завод»	43,8341	55,3876	188,6	Системы защиты, приборы и устройства безопасности для грузоподъемных машин, токосъемные устройства ТСУ	5314,4023	6155,224	0,36	67,896	3,3948
565	ОАО «Арзамасский машиностроительный завод»	43,8499	55,3975	3602	Военная техника, автозапчасти, спецтехника	5315,545	6156,3242	0,36	1296,72	64,836
<b>Оренбургская область</b>										
566	ООО «Оренбургский опытно-механический завод»	55,0722	51,8062	2975,12	Фланцы, штуцеры, заглушки, тройники, болты, гайки, втулки	6035,804	5757,223	0,36	1071,043	53,5521
567	ОАО «Машиностроительный завод ОРМЕТО-ЮУМЗ»	58,4961	51,2312	523,5	Оборудование промышленного назначения	6276,0134	5693,3233	0,36	188,46	9,423
568	ОАО «Орский щебеночный завод»	58,6562	51,2081	1550	Щебень различных фракций	6287,3585	5690,7562	0,01	15,5	0,775
569	ООО «Орский пивоваренный завод»	58,5597	51,21	192,38	Безалкогольные и алкогольные напитки	6280,62	5690,9673	0,13	25,0094	1,25047
570	ООО «Оренбургский молочный комбинат»	55,0849	51,8022	420,62	Молочная продукция	6036,6899	5756,7785	0,13	54,6806	2,73403
571	ООО «Новотроицкий завод строительных материалов Арго»	58,3774	51,2115	4452,7	Строительные материалы	6267,9088	5691,134	0,31	1380,337	69,0168
572	ОАО «Оренбургский комбикормовый завод»	55,0848	51,7831	0,97	Корма для животных	6036,7438	5754,6559	0,13	0,1261	0,00630
573	ОАО ПО «САРМАТ»	58,6393	51,2311	1147	Прицепы, полуприцепы, лесовозы, сортиментовозы, рулоновозы, цистерны, шасси, жатка и запасные части	6285,985	5693,3121	0,36	412,92	20,646

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
574	ОАО «Орский завод металлоконструкций ОЗМК»	58,5273	51,2345	4252,7	Строительные металлоконструкции	6278,1582	5693,69	0,17	722,959	36,1479
575	ОАО «Новотроицкий цементный завод»	58,3553	51,21	1350	Цемент	6266,3815	5690,9673	0,17	229,5	11,475
576	ОАО «Новоорский опытно-экспериментальный механический завод НОЭМЗ»	58,9862	51,3817	1347	Автомобильные прицепы и фургоны	6308,7734	5710,0483	0,36	484,92	24,246
577	ЗАО «Птицефабрика Оренбургская»	54,8814	51,885	10,25	Яйца куриные, копчености, мясо птицы	6022,4594	5765,9801	0,13	1,3325	0,06662
578	ОАО «Кувандыкский завод КПО Долина»	57,3791	51,4889	2,75	Агропромышленное оборудование, оборудование для строительства, товары коммунального хозяйства	6196,5283	5721,9615	0,36	0,99	0,0495
579	ОАО «Уральская Сталь»	58,3553	51,21	3275,12	Металлопродукция	6266,3815	5690,9673	0,17	556,770	27,8385
580	ОАО «Оренбургские минералы»	59,8756	51,035	650	Асбест хризолитовый, щебень	6374,1036	5671,5196	0,17	110,5	5,525
581	ОАО «Новосергиевский механический завод»	53,6426	52,0805	650	Отопительные котлы	5937,2433	5787,706	0,36	234	11,7
582	АО «Бузулукский механический завод»	52,259	52,796	2675,12	Радиаторы, охладители, отопители	5843,5103	5867,2195	0,36	963,043	48,1521
583	ООО «Алексеевский Птицекомплекс»	54,1755	51,8827	31,5	Мясо утки , цыплята-корнишоны	5974,0147	5765,7245	0,13	4,095	0,20475
584	ОАО «Гайский горно-обогатительный комбинат»	58,4562	51,4802	2983,2	Цветные металлы	6271,1759	5720,9946	0,6	1789,92	89,496
585	ОАО «Орскнефтеоргсинтез»	58,512	51,2543	4788	Бензин, дизельное топливо	6276,9278	5695,8904	0,01	47,88	2,394

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
586	ЗАО «Шильдинский ремонтный завод»	59,7714	51,8148	102,54	Ремонт и производство сельскохозяйственной техники	6358,806	5758,1787	0,36	36,9144	1,84572
587	ОАО «Орский машиностроительный завод»	58,4879	51,2394	357,4	Замки для бурильных труб и комплектующие детали для нефтяного и нефтепромыслового оборудования,	6275,3743	5694,2345	0,36	128,664	6,4332
588	ООО «Орский электродный завод»	58,4691	51,244	147,6	Сварочные электроды	6274,0275	5694,7457	0,36	53,136	2,6568
589	ООО «Механический завод»	58,5044	51,2301	398,6	Военная, гражданская и противопожарная продукция	6276,6004	5693,201	0,36	143,496	7,1748
590	ООО «Кондитерская фабрика Орские сладости»	58,6075	51,261	124,84	Кондитерские изделия	6283,517	5696,6349	0,13	16,2292	0,81146
591	ООО «Орский вагонный завод»	58,5613	51,2497	4525,3	Железнодорожные вагоны, запчасти	6280,3974	5695,3792	0,1	452,53	22,6265
592	ООО «Оренбургская кондитерская фабрика»	55,1126	51,8394	54,82	Кондитерские изделия	6038,4747	5760,9125	0,13	7,1266	0,35633
593	ООО «Оренбургская швейная фабрика Ореана»	55,1069	51,7713	2,63	Одежда	6038,3019	5753,3446	0,66	1,7358	0,08679
594	ОАО «Оренбургский станкозавод»	55,0618	51,779	241,3	Станки, пресс-грануляторы	6035,1745	5754,2003	0,36	86,868	4,3434
595	ОАО «Оренбургский ЛРЗ Желдорреммаш»	55,0595	51,7889	4525,3	Локомотивы, запчасти	6034,9852	5755,3005	0,1	452,53	22,6265
596	ОАО «Завод Инвертор»	55,1477	51,8113	351,4	Электрооборудование нового поколения на унифицированной элементной базе, с микропроцессорной системой управления	6040,9783	5757,7898	0,36	126,504	6,3252
597	ОАО «Башкируголь»	56,1571	52,341	2542	Бурый уголь	6107,811	5816,6553	0,01	25,42	1,271
598	ОАО «Гайский ГОК»	58,4562	51,4802	431,3	Химическая продукция	6271,1759	5720,9946	0,6	258,78	12,939

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
599	ОАО «Криолит»	57,3686	51,484	126,12	Химическая продукция	6195,8338	5721,4169	0,6	75,672	3,7836
600	ОАО «Орский завод по обработке цветных металлов»	58,5613	51,2497	160	Медный прокат, латунный прокат	6280,3974	5695,3792	0,6	96	4,8
601	ОАО «Сплав»	58,4437	51,465	55,12	Медный прокат, латунный прокат	6270,4359	5719,3055	0,6	33,072	1,6536
602	ПО «Стрела»	55,1198	51,7989	887,2	Вертолеты, зерноуборочные комбайны, сеялки, стиральные машины	6039,1003	5756,4118	0,25	221,8	11,09
603	ПО «Продмаш»	55,0915	51,8112	195,7	Оборудование технологическое для предприятий торговли, камеры холодильные	6037,115	5757,7787	0,36	70,452	3,5226
604	ОАО «Комбинат Южуралникель»	58,5581	51,2499	2995,12	Никель, кобальт, ферроникель	6280,173	5695,4014	0,17	509,170	25,4585
605	ОАО «Новотроицкий завод хромовых соединений»	58,3553	51,21	186,12	Хромовые соединения, материалы лакокрасочные, натрий сернистый	6266,3815	5690,9673	0,6	111,672	5,5836
606	ОАО «Оренбургский завод РТИ»	55,0358	51,785	48,6	Ремни клиновые, формовые РТИ	6033,3672	5754,8671	0,66	32,076	1,6038
607	ОАО «Бузулукский завод тяжелого машиностроения»	52,2535	52,7927	315,12	Прокатное оборудование, оборудование для цветной металлургии	5843,1367	5866,8528	0,17	53,5704	2,67852
608	ОАО «Завод бурового оборудования»	55,1242	51,7902	2975,12	Трубы бурильные, пакеты взрывные, компрессоры, шприцы вакуумные, задвижки	6039,4311	5755,4449	0,17	505,770	25,2885
609	ОАО «Орский механический завод»	58,5044	51,2301	789,2	Мотор-компрессоры, бытовые холодильники, морозильники	6276,6004	5693,201	0,36	284,112	14,2056
610	ОАО «Завод Строймаш»	58,4752	51,2293	183,5	Контейнеры ТК-24, лебедки, литье чугунное	6274,5739	5693,1121	0,91	166,985	8,34925



Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
611	АООТ «Медногорский медно-серный комбинат»	57,5732	51,4347	1670	Медь черновая, медь катодная, серная кислота, сталь	6210,3435	5715,9382	0,17	283,9	14,195
612	ОАО «Носта»	58,3553	51,21	2971,2	Чугун, прокат черных металлов, заготовки стальные, кирпич, кокс	6266,3815	5690,9673	0,17	505,104	25,2552
613	ООО «Оренбург-газпром»	55,1467	51,778	8775,3	Нефть, газ природный, сера	6041,0185	5754,0891	0,01	87,753	4,38765
614	ОАО «Оренбургское сверло»	55,1159	51,7841	57,6	Сверла спиральные	6038,8799	5754,767	0,36	20,736	1,0368
615	ЗАО «Оренбургская мебельная фабрика»	55,0614	51,7767	710	Мебель	6035,1542	5753,9447	0,3	213	10,65
616	ОАО «Колтубановская мебельная фабрика»	52,2987	52,907	590	Мебель	5846,2999	5879,5549	0,3	177	8,85
617	ОАО «Новотроицкий завод силикатных стеновых материалов»	58,3763	51,2041	12158	Кирпич	6267,8924	5690,3116	0,01	121,58	6,079
618	ОАО «Оренбург-асбест»	59,8756	51,035	2875,12	Асбест хризолитовый, бетон, щебень	6374,1036	5671,5196	0,01	28,7512	1,43756
619	ОАО «Орское карероуправление»	58,4252	51,2911	884,3	Щебень валовый	6270,5848	5699,9799	0,01	8,843	0,44215
620	АООТ «Ореншаль»	55,146	51,7887	2,63	Одежда	6040,9354	5755,2782	0,66	1,7358	0,08679
621	ЗАО «Ореана»	55,1069	51,7713	15	Одежда	6038,3019	5753,3446	0,66	9,9	0,495
622	ОАО «Оренбург-швеймех»	55,0826	51,7606	23	Швейные и меховые изделия	6036,6639	5752,1555	0,66	15,18	0,759
623	ОАО «Орентекс»	55,1199	51,8428	2,63	Мех, ткани	6038,9652	5761,2904	0,66	1,7358	0,08679
624	ОАО «Орника»	58,473	51,2252	2,63	Одежда	6274,4547	5692,6565	0,66	1,7358	0,08679
625	ООО «Уральский шелк»	55,1083	51,7734	12,63	Суровые шелковые ткани	6038,3915	5753,5779	0,66	8,3358	0,41679
626	ОАО «Илецксоль»	54,9994	51,146	2462,26	Соль пищевая	6032,8029	5683,855	0,13	320,093	16,0046
627	ОАО «Оренбург-молоко»	55,0849	51,8022	390,62	Молочная продукция	6036,6899	5756,7785	0,13	50,7806	2,53903
628	ОАО «Орский мясоконсервный комбинат»	58,6223	51,2009	140,39	Мясная продукция, колбасные изделия	6285,0581	5689,956	0,13	18,2507	0,91253

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
629	ОАО «Мясной комбинат Оренбургский»	55,0714	51,7797	220,19	Мясная продукция, колбасные изделия	6035,8327	5754,2781	0,13	28,6247	1,43123
630	ОАО «Маслоэкстракционный завод»	55,0806	51,7763	600,3	Масло растительное	6036,4764	5753,9002	0,13	78,039	3,90195
631	ОАО «Трикотажная фабрика Ника»	58,5063	51,2282	122,63	Трикотаж	6276,7486	5692,9899	0,66	80,9358	4,04679
632	ЗАО «Силикатный завод»	55,0337	51,7847	185	Кирпич строительный	6033,2237	5754,8337	0,31	57,35	2,8675
633	ОАО «Новоорский опытно-экспериментальный мехзавод»	58,9862	51,3817	1221,3	Автобусы, прицепы к легковым автомобилям, автомобиль "Вахта", вагоны-дома, прицепы-магазины	6308,7734	5710,0483	0,36	439,668	21,9834
634	ОАО «Оренбургский станкозавод»	55,0618	51,779	640,3	Станки металлорежущие, деревообрабатывающие многооперационные	6035,1745	5754,2003	0,36	230,508	11,5254
635	ОАО «Завод Металлист»	55,0893	51,7565	670,89	Кузнечно-прессовые машины	6037,138	5751,6998	0,36	241,520	12,0760
636	ОАО «Долина»	57,3791	51,4889	120,8	Пресс-ножницы, деревообрабатывающие станки	6196,5283	5721,9615	0,36	43,488	2,1744
637	ОАО «Уралэлектро»	57,5813	51,4549	287,6	Электродвигатели, пускатели магнитные, электропылесосы	6210,7646	5718,183	0,36	103,536	5,1768
638	ОАО «Гидропресс»	55,0625	51,8025	802,2	Кузнечно-прессовые машины	6035,1487	5756,8118	0,36	288,792	14,4396
639	ОАО «Электропреобразователь»	58,4437	51,465	147,2	Силовые преобразователи, гидропонные установки	6270,4359	5719,3055	0,36	52,992	2,6496
640	ОАО «Инвертор»	55,1477	51,8113	2875,12	Агрегаты бесперебойного питания, преобразователи напряжения, низко-вольтовая аппаратура	6040,9783	5757,7898	0,36	1035,04	51,7521

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
641	ЗАО «Орский завод электромонтажных изделий»	58,4869	51,2263	2875,12	Панели распределительных щитов ЩО-70, ящики силовые ЯБ1-2У3	6275,4135	5692,7787	0,36	1035,04	51,7521
642	ОАО «Нефтемасло-завод»	55,091	51,8234	763,55	Масла смазочные	6037,0417	5759,1344	0,36	274,878	13,7439
643	ООО «Оренбургский радиатор»	55,0995	51,7854	153,6	Блоки питания, различные радиаторы	6037,7476	5754,9115	0,36	55,296	2,7648
<b>Пензенская область</b>										
644	ООО «Мебельная фабрика Горизонт»	45,001	53,1355	1340	Корпусная мебель	5359,7292	5904,9481	0,3	402	20,1
645	ООО «Мебельная фабрика Диал»	45,0693	53,1882	660,3	Корпусная мебель	5364,9346	5910,8047	0,3	198,09	9,9045
646	ООО «Мебельная фабрика Пеликан»	44,9954	53,1627	220,3	Корпусная мебель	5359,6938	5907,9709	0,3	66,09	3,3045
647	ОАО «ЗИФ»	45,0058	53,2162	243,67	Велосипеды, коляски инвалидные, велосипеды-тележки, самокаты, аппаратура газобаллонная для легковых автомобилей	5361,0516	5913,9163	0,36	87,7212	4,38606
648	ЗАО «Беском»	45,0393	53,3103	149	Компрессоры поршневые и водокольцевые, насосы	5364,4472	5924,3736	0,36	53,64	2,682
649	ОАО «Белинск-сельмаш»	43,9805	53,1962	506,9	Сеялки, картофеле-сажалки, культиваторы, печное, чугунное литье	5292,5035	5911,6937	0,36	182,484	9,1242
650	ЗАО «Сердобский машиностроительный завод»	44,1925	52,4653	239,5	Прицепы и тележки грузовые	5296,6706	5830,4688	0,36	86,22	4,311
651	ООО «Пензенская мебельная фабрика Первомайское»	45,0018	53,1409	1410,3	Мебель	5359,8496	5905,5482	0,3	423,09	21,1545

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
652	ООО «Пензенский подшипниковый завод»	45,0693	53,1882	129	Подшипники	5364,9346	5910,8047	0,36	46,44	2,322
653	ОАО «Молочный комбинат Пензенский МолКом»	44,9641	53,1704	154	Молочная продукция	5357,7032	5908,8266	0,13	20,02	1,001
654	ЗАО «Пензенская швейная фабрика Имени Клары Цеткин»	45,0241	53,1283	2,63	Мужские и женские пальто, ведомственная одежда	5361,181	5904,148	0,66	1,7358	0,08679
655	ООО «Пензенский чугунолитейный завод»	45,0136	53,2345	1601	Отливки из черных и цветных металлов	5361,7982	5915,95	0,36	576,36	28,818
656	ООО «ПензГидромаш»	45,005	53,2344	125,8	Оборудование для промышленности	5361,2246	5915,9389	0,36	45,288	2,2644
657	ООО «Пензенский часовой завод Заря»	45,0014	53,2227	108,2	Наручные часы, будильники	5360,8395	5914,6387	0,7	75,74	3,787
658	ЗАО «Пензенская трикотажная фабрика»	45,0093	53,1745	20,63	Трикотаж	5360,7669	5909,2822	0,66	13,6158	0,68079
659	ООО «Пензенский пивоваренный завод САМКО»	45,0197	53,1893	182,38	Алкогольные и безалкогольные напитки	5361,6435	5910,9269	0,13	23,7094	1,18547
660	ООО «Кондитерская фабрика Слайс»	45,0215	53,1729	60	Кондитерские и хлебобулочные изделия	5361,5602	5909,1044	0,13	7,8	0,39
661	ООО «ПензЭнергоМаш»	45,0143	53,1671	11,5	Емкостное и резервуарное оборудование	5361,0083	5908,4598	0,17	1,955	0,09775
662	ЗАО «Пензенская кондитерская фабрика»	45,0102	53,166	94,84	Кондитерские изделия	5360,7214	5908,3376	0,13	12,3292	0,61646
663	ООО «МашСталь»	44,9693	53,2253	160	Металлопродукция	5358,7349	5914,9276	0,17	27,2	1,36
664	ООО «Кузнецкая швейная фабрика»	46,6035	53,1203	120,2	Одежда	5466,4788	5903,2589	0,66	79,332	3,9666
665	ОАО «Земетчинский сахарный завод»	42,5887	53,4885	2462,26	Крахмалопаточная продукция	5204,5277	5944,177	0,13	320,093	16,0046

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
666	ОАО «Земетчинский механический завод»	42,625	53,5084	605,9	Грузоподъемная техника	5207,2513	5946,3885	0,36	218,124	10,9062
667	ОАО «Птицефабрика Васильевская»	44,9413	53,3977	123	куриное мясо	5359,0331	5934,0864	0,13	15,99	0,7995
668	ОАО «Студенецкий мукомольный завод»	45,1936	53,2046	1320	Мучная продукция	5373,4152	5912,6272	0,13	171,6	8,58
669	ООО «Шемышейский комбикормовый завод»	45,3922	52,8942	0,98	Корма для животных	5382,9798	5878,1324	0,13	0,1274	0,00637
670	ЗАО «Каменский пивоваренный завод»	44,0166	53,1816	182,38	Алкогольные напитки	5294,7045	5910,0712	0,13	23,7094	1,18547
671	ООО «Пензенская птицефабрика»	45,2545	53,2215	370,39	Яйца куриные	5377,6747	5914,5053	0,13	48,1507	2,407535
672	ООО «Черкизово-Кормопроизводство»	44,8658	53,0435	360	Корма для животных	5349,549	5894,7242	0,13	46,8	2,34
673	ОАО «Кузнецкий ликеро-водочный завод»	46,6079	53,12	152,38	Алкогольные напитки	5466,7694	5903,2256	0,13	19,8094	0,99047
674	ОАО «Кузнецкий мебельный комбинат»	46,5806	53,1175	1350	Мягкая и корпусная мебель	5464,9227	5902,9478	0,3	405	20,25
675	ЗАО «Пензенское конструкторско-технологическое бюро арматуростроения»	44,9528	53,2258	35,6	Оборудование для ремонта, испытания и производства трубопроводной арматуры	5357,6428	5914,9832	0,17	6,052	0,3026
676	ЗАО «Саво»	45,0312	53,1674	120	Инфракрасные обогреватели	5362,1386	5908,4932	0,36	43,2	2,16
677	ЗАО «Бессоновский компрессорный завод»	45,0618	53,3227	104,8	Поршневые воздушные компрессоры	5366,0953	5925,7517	0,36	37,728	1,8864
678	ООО «Лунинский комбикормовый завод»	45,2276	53,5954	1,4	Корма для животных	5380,4121	5956,0568	0,13	0,182	0,0091
679	ООО «Бековский сахарный завод»	43,5988	52,4356	2462,26	Крахмалопаточная продукция	5256,021	5827,1682	0,13	320,093	16,0046

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
680	ЗАО «Сердобский электроламповый завод»	44,2297	52,4617	63,4	Лампы накаливания для автомобилей, кораблей, светофоров, железнодорожного транспорта	5299,1421	5830,0687	0,36	22,824	1,1412
681	ЗАО «Башмаковский мукомольный завод»	43,0269	53,2107	1320	Мучная продукция	5229,2049	5913,3051	0,13	171,6	8,58
682	ОАО «Визит»	46,6082	53,1216	182,38	Пиво, крекер и столовая вода "Надежда"	5466,8053	5903,4034	0,13	23,7094	1,18547
683	ОАО «Исток»	45,0239	53,2065	182,38	Безалкогольные и винные напитки	5362,1365	5912,8383	0,13	23,7094	1,18547
684	ОАО «Кристалл»	43,7077	52,4589	2262,26	Сахар-песок	5263,7365	5829,7576	0,13	294,093	14,7046
685	ОАО «Пензаспиртпром»	45,0142	53,1932	252,38	Спирт этиловый, водка и ликероводочные изделия, наливки	5361,3255	5911,3603	0,13	32,8094	1,64047
686	ОАО «Молочный комбинат Пензенский»	44,9641	53,1704	440,62	Молочная продукция	5357,7032	5908,8266	0,13	57,2806	2,86403
687	ОАО «Биосинтез»	45,0618	53,2171	542,3	Лекарственные средства, антибиотики	5364,7914	5914,0163	0,7	379,61	18,9805
688	ОАО «Мясоптицекомбинат Пензенский»	45,0163	53,2646	475,7	Колбасные изделия, копчености	5362,3516	5919,295	0,13	61,841	3,09205
689	ОАО «Виктория»	44,6091	53,44	249,34	Кондитерские изделия, безалкогольные напитки, майонез	5337,5612	5938,7872	0,13	32,4142	1,62071
690	ОАО «Атмис-сахар»	43,9909	53,1747	43,7	Сахар-песок, патока, хлебобулочные изделия	5292,8954	5909,3044	0,13	5,681	0,28405
691	ОАО «Пензхиммаш»	44,9879	53,2263	485	Оборудование для промышленности	5359,9856	5915,0387	0,36	174,6	8,73
692	ПО «Старт»	45,189	53,1926	268,3	Станки токарные, системы охраны для автомобилей	5372,9632	5911,2936	0,36	96,588	4,8294

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
693	ФГУП «Завод Красный гигант»	46,0955	53,7139	194,3	Посуда и изделия из хрусталя, оптическое стекло	5438,9659	5969,2257	0,36	69,948	3,4974
694	ОАО «Пензадизельмаш»	45,0045	53,1619	281,5	Дизели и дизель-генераторы судовые, тепловозные, турбокомпрессоры, газодизельные и газопоршневые электроагрегаты	5360,2905	5907,8819	0,36	101,34	5,067
695	ОАО «Пензенский арматурный завод»	45,0341	53,1914	35	Трубопроводная арматура	5362,6289	5911,1603	0,17	5,95	0,2975
696	ГУП «Пензенский электротехнический НИИ»	45,0102	53,1833	154,2	Системы связи и передачи информации радиорелейные	5360,9361	5910,2601	0,36	55,512	2,7756
697	ОАО «Пензтяжпромарматура»	44,9559	53,2285	2675,12	Задвижки стальные и чугунные, затворы, клапаны, краны шаровые, вентили запорные	5357,8829	5915,2832	0,36	963,043	48,1521
698	ГУП «Радиозавод»	45,0062	53,2266	106,3	Телевизоры, радиоприемники, электрошкафы	5361,2075	5915,0721	0,36	38,268	1,9134
699	ОАО «Завод точных приборов»	44,9833	53,1587	440	Аппаратура питания, блоки управления для электропоездов, светильники декоративные	5358,8373	5907,5263	0,36	158,4	7,92
700	ОАО «Евлашевский ДОК»	46,8283	53,1117	187,3	Столярные изделия	5481,3978	5902,3032	0,36	67,428	3,3714
701	ОАО «Маяк»	45,0183	53,195	1136	Обои гофрированные, тисненные, бумага писчая, ксероксная, текстурная декоративная	5361,6209	5911,5604	0,36	408,96	20,448
702	ОАО «Завод КПД»	45,0233	53,2273	400	Железобетонные изделия и конструкции, теплоизоляционные материалы для объектов капитального строительства	5362,3545	5915,1498	0,01	4	0,2

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
703	ОАО «Пензенский кирпичный завод N2»	44,9749	53,237	178	Кирпич строительный	5359,2537	5916,2278	0,31	55,18	2,759
704	ОАО «Стройдеталь N1»	45,0045	53,2254	340	Сборный железобетон	5361,0794	5914,9387	0,1	34	1,7
705	ОАО «Яснополянский завод силикатных стеновых материалов»	46,6537	53,042	165	Кирпич строительный и силикатный	5469,0577	5894,5575	0,31	51,15	2,5575
706	ОАО «Никольский стеклозавод»	46,0787	53,6995	302,7	Вазы стеклянные, люстры, плафоны	5437,7044	5967,6254	0,36	108,972	5,4486
707	ОАО «Сурская мануфактура»	45,697	53,0843	52,63	Ткани шерстяные, технические	5405,578	5899,2583	0,66	34,7358	1,73679
708	ОАО «Кузнецкобувь»	46,5784	53,1171	120,3	Обувь	5464,7719	5902,9033	0,66	79,398	3,9699
709	ОАО «Пензенский кирпичный завод N1»	44,9918	53,1642	184,2	Кирпич строительный	5359,4724	5908,1375	0,31	57,102	2,8551
710	ОАО «Завод ЖБИ»	45,0567	53,2092	582,7	Материалы для домостроения	5364,3543	5913,1384	0,31	180,637	9,03185
711	ООО «ЗЖБК N2»	45,0145	53,1215	265,9	Конструкции и изделия сборные железобетонные, панели стеновые	5360,4562	5903,3923	0,1	26,59	1,3295
712	ГП «Пензенский завод вычислительной техники»	45,0241	53,1283	130,2	Вычислительная техника, комплектующие для радиоэлектронной промышленности	5361,181	5904,148	0,36	46,872	2,3436
713	ГУП «Кузнецкий завод радиоприборов»	46,5688	53,1242	188,6	Водонагреватели газовые, усилители частотные, вентили латунные, задвижки стальные	5464,2021	5903,6923	0,36	67,896	3,3948
714	Дочернее ГУП «Кузнецкий завод конденсаторов»	46,587	53,1161	178,3	Конденсаторы пленочные, инвентарь садово-огородный	5465,3359	5902,7922	0,36	64,188	3,2094
715	ГУП Пензенское ПО «Электроприбор»	44,9668	53,223	162,3	Электродвигатели, светильники, ружья подводные	5358,5398	5914,672	0,36	58,428	2,9214



Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
716	ГУП НПО «Рубин»	45,0062	53,2266	287,3	Мультиплексоры, медицинские комплексы флюорографических обследований, светильники бытовые	5361,2075	5915,0721	0,36	103,428	5,1714
717	ОАО «Пензамаш»	45,0215	53,1729	662,2	Прядильные машины, мельничные комплексы, мини-пивзаводы, центрифуги бытовые, пылесосы бытовые, замки накладные	5361,5602	5909,1044	0,36	238,392	11,9196
718	ОАО «Пензкомпрессормаш»	45,0136	53,2345	781,2	Компрессорное и насосное оборудование	5361,7982	5915,95	0,36	281,232	14,0616
719	ОАО «Электромеханика»	45,0146	53,1742	582,5	Контроллеры программные, шкафы электротехнические, защелки, кронштейны	5361,1164	5909,2488	0,36	209,7	10,485
<b>Самарская область</b>										
720	ОАО «Самарский сталелитейный завод»	50,2461	53,1943	468,2	Литье стальное, чугунное, цветное	5709,8739	5911,4826	0,17	79,594	3,9797
721	ОАО «Средневолжский станкостроительный завод»	50,0934	53,1947	230	Станки металлорежущие, станки с ЧПУ	5699,7032	5911,527	0,36	82,8	4,14
722	ГП «Приборостроительный завод Рейд»	50,1215	53,1829	179,3	Устройства электrorаспределительные, запчасти к автомобилям	5701,5224	5910,2157	0,36	64,548	3,2274
723	ГПП «Завод им. Масленникова»	50,149	53,2172	245,2	Детали к автомобилям, часы наручные, техоснастка	5703,5068	5914,0274	0,36	88,272	4,4136
724	ЗАО «Самарская кабельная компания»	50,2755	53,1893	106,3	Кабели телефонные, связи, сигнально-блокировочные	5711,8113	5910,9269	0,36	38,268	1,9134
725	ОАО «Энерготехмаш»	49,5237	53,4095	2975,12	Прокат алюминиевый, стеклопакеты, детали к автомобилям	5662,9137	5935,3977	0,17	505,770	25,2885

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
726	ОАО «Тяжмаш»	48,4932	53,1784	98,2	Нефтегазовое оборудование, турбины, мельницы, конвейеры	5592,9892	5909,7156	0,36	35,352	1,7676
727	ОАО «Самарский металлургический завод»	50,2809	53,2418	354,7	Метеллопродукция	5712,3929	5916,7612	0,17	60,299	3,01495
728	НГДУ «Кинельнефть»	52,1212	53,6529	7657,79	Нефть	5835,416	5962,4468	0,01	76,5779	3,82889
729	НГДУ «Первомайскнефть»	51,3503	53,3778	3547,9	Нефть	5783,9036	5931,8749	0,01	35,479	1,77395
730	НГДУ «Жигулевскнефть»	49,4861	53,4043	7513,79	Нефть	5660,393	5934,8199	0,01	75,1379	3,75689
731	ОАО «Средневожский завод химикатов»	49,6958	52,9899	259,5	Химическая продукция	5672,1664	5888,7676	0,6	155,7	7,785
732	ОАО «Синтезкаучук»	49,4453	53,5404	315,12	Каучук синтетический, бутадиен, изопрен	5658,4428	5949,9447	0,6	189,072	9,4536
733	ГП «Металлист»	49,7158	52,9783	515,2	Втулки, бетонаторы, электрогенераторы, шнуры детонирующие	5673,446	5887,4785	0,36	185,472	9,2736
734	ФГУП «ЦСКБ - Прогресс»	50,2962	53,2155	210	Машины тесторазделочные, медтехника, мебель	5713,3005	5913,8385	0,36	75,6	3,78
735	АООТ «Самарский завод Автокран»	50,2915	53,2421	500,8	Краны автомобильные, машины специальные	5713,0995	5916,7946	0,36	180,288	9,0144
736	ЗАО «Самарский завод Строммашина»	50,2528	53,1907	301,2	Дорожно-строительное оборудование	5710,3049	5911,0825	0,36	108,432	5,4216
737	ОАО «Волгабурмаш»	50,0624	53,1168	167,9	Долота шарошечные, запчасти к нефтепромысловому оборудованию	5697,2827	5902,87	0,36	60,444	3,0222
738	ОАО «Самарский завод Этанол»	49,9362	53,1038	192,38	Химическая продукция	5688,7986	5901,4253	0,6	115,428	5,7714
739	ОАО «Пластик»	48,3995	53,0521	267	Смолы синтетические, пленки полимерные, изделия пластмассовые	5585,8429	5895,6799	0,6	160,2	8,01

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
740	ЗАО «Новокуйбышевская фабрика трикотажного полотна»	49,944	53,1177	2,63	Трикотажные изделия	5689,3853	5902,97	0,66	1,7358	0,08679
741	ЗАО «Самарский трикотаж»	50,1056	53,1944	2,63	Трикотаж верхний, полотно трикотажное	5700,5146	5911,4937	0,66	1,7358	0,08679
742	ОАО «Октябрьская швейная фабрика»	48,6776	53,1653	2,63	Спецодежда	5605,19	5908,2598	0,66	1,7358	0,08679
743	ОАО «Сызранская швейная фабрика»	48,4627	53,1508	52,63	Одежда	5590,7621	5906,6484	0,66	34,7358	1,73679
744	ВОИ «Пластика»	50,1679	53,1887	82,63	Кожгалантерейные изделия	5704,6398	5910,8602	0,66	54,5358	2,72679
745	ЗАО «Лидер»	49,3172	53,5588	54,3	Обувь	5650,084	5951,9894	0,66	35,838	1,7919
746	ЗАО «Обувьпром»	48,4297	53,1257	72,1	Обувь	5588,3834	5903,859	0,66	47,586	2,3793
747	ОАО «Шоколадная фабрика Россия»	50,2385	53,2392	136,7	Кондитерские изделия	5709,5603	5916,4723	0,13	17,771	0,88855
748	ОАО «Самарский комбинат спиртовой и ликеро-водочной промышленности Родник»	50,1162	53,1867	182,38	Алкогольная продукция	5701,1863	5910,638	0,13	23,7094	1,18547
749	ЗАО «Тольяттинский мясокомбинат Лидер»	49,3127	53,56	354,7	Колбасные изделия мясные п/ф	5649,7937	5952,1228	0,13	46,111	2,30555
750	ОАО ПКК «Весна»	50,2957	53,2043	223,2393	Мыло, крема, шампуни	5713,2201	5912,5939	0,36	80,3661	4,01830
751	ОАО «Жигулёвский пивоваренный завод»	50,0964	53,2004	172,38	Алкогольные напитки	5699,9288	5912,1605	0,13	22,4094	1,12047
752	ОАО «Самарский жиркомбинат»	50,245	53,1925	349,34	Масло, майонез	5709,7929	5911,2825	0,13	45,4142	2,27071
753	ОАО «Тольяттихлеб»	49,43	53,5138	7,9	Хлебобулочные и кондитерские изделия	5657,2836	5946,9886	0,13	1,027	0,05135
754	ООО «Одежда»	51,3307	53,3807	2,63	Одежда	5782,611	5932,1972	0,66	1,7358	0,08679

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
755	ЗАО «Жигулевские стройматериалы»	49,4944	53,4012	4521	Стройматериалы	5660,9263	5934,4754	0,31	1401,51	70,0755
756	ОАО «Новокуйбышевский НПЗ»	49,9362	53,1038	5140	Нефтепродукты	5688,7986	5901,4253	0,01	51,4	2,57
757	ОАО «Сызранский НПЗ»	48,4136	53,101	9800	Бензин, топливо дизельное, мазут	5587,1333	5901,1141	0,01	98	4,9
758	ОАО «АвтоВАЗ-агрегат»	49,4192	53,5088	257,3	Детали к автомобилям	5656,5416	5946,4329	0,36	92,628	4,6314
759	ЗАО «Завод подшипников общего назначения»	50,1434	53,2027	680,134	Подшипники качения	5703,0696	5912,4161	0,36	244,848	12,2424
760	ЗАО «Завод приборных подшипников»	50,2729	53,2791	810,52	Подшипники качения	5712,0188	5920,9064	0,36	291,787	14,5893
761	ЗАО «Завод специальных подшипников»	50,1481	53,2103	790	Подшипники	5703,4163	5913,2606	0,36	284,4	14,22
762	ОАО «Самарский подшипниковый завод»	50,2716	53,2096	750	Подшипники качения	5711,6375	5913,1828	0,36	270	13,5
763	ОАО «Авиакор-авиационный завод»	50,2993	53,2129	2503	Самолеты, запчасти к самолетам	5713,496	5913,5496	0,25	625,75	31,2875
764	ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова»	50,207	53,3467	152,6	Двигатели авиационные, авиаприводы для газоперекачивающих станций, насосы для агрессивных жидкостей	5707,9312	5928,4188	0,36	54,936	2,7468
765	ОАО «Сызраньсельмаш»	48,4806	53,1525	284,8	Запчасти к автомобилям	5591,9677	5906,8373	0,36	102,528	5,1264
766	ОАО «Авиаагрегат»	50,2906	53,2117	207,2	Запчасти к самолетам, цилиндры рулевой тяги	5712,9116	5913,4162	0,36	74,592	3,7296
767	ОАО «Тольяттиазот»	49,611	53,5426	804,2	Химическая продукция	5669,4036	5950,1891	0,6	482,52	24,126
768	ОАО «Фосфор»	49,459	53,5592	884,3	Химическая продукция	5659,452	5952,0339	0,6	530,58	26,529
769	ООО «Новокуйбышевский завод масел и присадок»	49,9478	53,0995	763,55	Масла смазочные, автомобильные, дизельные	5689,5526	5900,9474	0,36	274,878	13,7439

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
770	ООО «Самарский Стройфарфор»	50,4006	53,2711	140	Керамогранитной плитки, санитарно-строительных изделий	5720,4766	5920,0173	0,31	43,4	2,17
771	ОАО «АВТОВАЗ»	49,265	53,5557	3000	Автомобили и запчасти	5646,6181	5951,6449	0,36	1080	54
772	ОАО «Моторостроитель»	50,2756	53,2057	86,3	Моторы лодочные "Вихрь"	5711,8874	5912,7494	0,36	31,068	1,5534
773	ОАО «Самарский завод клапанов»	50,1018	53,1955	114,5	Запчасти к тракторам, автомобилям легковым	5700,2664	5911,6159	0,36	41,22	2,061
774	ОАО «Самарский опытно-экспериментальный завод»	50,2422	53,2371	605,9	Техоснастка	5709,7975	5916,2389	0,36	218,124	10,9062
775	ОАО «Старт»	50,2549	53,1989	563,55	Установки для летательных аппаратов	5710,4797	5911,9938	0,36	202,878	10,1439
776	ОАО «Сокол»	50,1778	53,2049	364,5	Грузоподъемная техника на гусеничном, железнодорожном, автомобильном шасси	5705,3704	5912,6605	0,36	131,22	6,561
777	ОАО «Салют»	50,2856	53,2958	254,3	Мотоблоки, газонокосилки	5712,9337	5922,7623	0,36	91,548	4,5774
778	ОАО «КуйбышевАзот»	49,4505	53,5562	1340	Химическая продукция	5658,874	5951,7005	0,6	804	40,2
779	ООО «Тольяттикаучук»	49,4453	53,5404	350	Химическая продукция	5658,4428	5949,9447	0,6	210	10,5
780	ОАО «Гидроавтоматика»	50,2889	53,2104	520,6	Инструмент медицинский, краны топливо-раздаточные, запчасти к автомобилям легковым	5712,7929	5913,2718	0,36	187,416	9,3708
781	ОАО «Металлист-Самара»	50,2232	53,1957	145,3	Узлы к двигателям газоперекачивающих станций, комбайны картофелеуборочные	5708,3544	5911,6381	0,36	52,308	2,6154
782	ОАО «Завод им. А.М. Тарасова»	50,1939	53,2358	3952,7	Электрогенераторы, стартеры	5706,5775	5916,0945	0,36	1422,97	71,1486
783	ОАО «Волгоцеммаш»	49,4312	53,5205	131	Дробилки	5657,4003	5947,7332	0,36	47,16	2,358
784	ОАО «Куйбышевский НПЗ»	50,0679	53,1107	2580	Нефтепродукты	5697,622	5902,1921	0,01	25,8	1,29
785	ОАО «Железобетон»	50,2957	53,2501	340	Железо и бетон	5713,4127	5917,6836	0,36	122,4	6,12

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
786	ОАО «Самарский завод ЭКРАН»	50,2891	53,1962	180	Телевизоры, антенны	5712,7464	5911,6937	0,36	64,8	3,24
787	ОАО «Трансформатор»	49,4578	53,5191	186	Трансформаторы силовые, воздухоочистители	5659,151	5947,5776	0,36	66,96	3,348
788	ОАО «Самарский завод электромонтажных изделий»	50,2533	53,1927	52,3	Щитки осветительные	5710,3467	5911,3048	0,36	18,828	0,9414
789	ООО «Пивоваренная компания Балтика»	50,5244	53,3419	172,38	Алкогольная и безалкогольная продукция	5728,9818	5927,8853	0,13	22,4094	1,12047
790	ЗАО «Электрощит»	50,1804	53,3753	43,2	Аппаратура высоковольтная, подстанции трансформаторные	5706,2911	5931,5971	0,36	15,552	0,7776
791	ОАО «КУЗНЕЦОВ»	50,2756	53,2057	3700	Ракетные, авиационные двигатели	5711,8874	5912,7494	0,36	1332	66,6
<b>Саратовская область</b>										
792	ОАО «Вольск-цемент»	47,4393	52,0471	1410	Цемент	5513,055	5783,9942	0,31	437,1	21,855
793	ООО «Мебельная фабрика Мария»	45,9733	51,5085	160,8	Мебель	5407,0304	5724,1396	0,3	48,24	2,412
794	ООО «Саратовская мебельная фабрика корпусной мебели»	46,0106	51,5269	1420	Корпусная мебель	5409,8072	5726,1844	0,3	426	21,3
795	ООО «Профессионал»	46,0342	51,5331	75,5	Автоматизированные котельные, водоочистные комплексы и энергоцентры	5411,5054	5726,8734	0,36	27,18	1,359
796	ЗАО «Мебельная фабрика №2»	46,0191	51,5238	150	Мебель	5410,3623	5725,8399	0,3	45	2,25
797	ЗАО «Саратовский аккумуляторный завод Электроисточник»	45,9893	51,5381	120	Аккумуляторы	5408,453	5727,4291	0,36	43,2	2,16
798	ООО «Ширококарамышский консервный завод	46,0147	51,5469	42,45	Соки и нектары	5410,3031	5728,407	0,13	5,5185	0,27592

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
799	ЗАО «Саратовский арматурный завод Энергомашкомплект»	46,0082	51,5233	74,3	Трубопроводная арматура	5409,6029	5725,7843	0,17	12,631	0,63155
800	ОАО «Саратовский комбикормовый завод»	46,0282	51,5215	8,3	Корма для животных	5410,9675	5725,5843	0,13	1,079	0,05395
801	ФГУП «Саратовский завод приборных устройств»	46,0066	51,5158	154,6	Товары народного потребления, крепеж	5409,4125	5724,9509	0,36	55,656	2,7828
802	АО «Саратовский электромеханический завод»	45,9525	51,5885	143,5	Антенны различного назначения	5406,4477	5733,03	0,36	51,66	2,583
803	ООО «Саратовский стекольный завод»	45,958	51,6011	2875,12	Листовое стекло	5406,9626	5734,4302	0,36	1035,043	51,75216
804	ООО «Саратовский керамический кирпичный завод»	45,891	51,6067	680,6	Кирпич керамический	5402,3957	5735,0526	0,31	210,986	10,5493
805	ОАО «Саратовский подшипниковый завод»	45,9299	51,4878	88,9	Подшипники	5403,8045	5721,8392	0,36	32,004	1,6002
806	ЗАО «Саратовский станкостроительный завод»	45,9317	51,5063	66,2	Универсальные внутришлифовальные станки высокой и особо высокой точности	5404,1277	5723,8951	0,36	23,832	1,1916
807	ОАО «Саратовская швейная фабрика №5»	46,0088	51,5336	2,63	Одежда	5409,7538	5726,929	0,66	1,7358	0,08679
808	ОАО «Саратовский молочный комбинат»	45,9708	51,6149	440,62	Молочная продукция	5407,9943	5735,9638	0,13	57,2806	2,86403
809	ООО «Швейная фабрика Аврора»	46,044	51,5376	92,63	Спортивная одежда	5412,2309	5727,3735	0,66	61,1358	3,05679
810	ОАО «Саратовский агрегатный завод»	46,0029	51,531	177	Машинностроительная продукция	5409,3181	5726,64	0,36	63,72	3,186

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
811	ЗАО «Саратовский завод строительных материалов»	46,7972	51,5785	154	Плитка, кирпич	5464,7103	5731,9187	0,31	47,74	2,387
812	ОАО «Кондитерское объединение КонфЭшн»	46,0082	51,5707	104,84	Кондитерские изделия	5410,1066	5731,0519	0,13	13,6292	0,68146
813	ООО «Саратовский завод технологического машиностроения»	46,0228	51,6015	563,55	Установки фильтрации масла, станции очистки и восстановления масел, ж/д оборудование	5411,4424	5734,4747	0,36	202,878	10,1439
814	ПКФ «Экс-Форма»	45,8808	51,4651	137,2	Промышленное газовое оборудование	5400,1595	5719,3166	0,36	49,392	2,4696
815	ЗАО «Энгельский трубный завод»	46,1308	51,4523	165	Трубы	5417,3444	5717,8941	0,17	28,05	1,4025
816	ООО «Саратовский трубный завод»	46,1454	51,453	40	Полиэтиленовые трубы, композиты	5418,3633	5717,9719	0,17	6,8	0,34
817	ОАО «Завод автономных источников тока»	45,9543	51,5019	65,12	Аккумуляторы и батареи	5405,6448	5723,4061	0,36	23,4432	1,17216
818	ЗАО «Саратовский завод строительных материалов»	46,7972	51,5785	4352,7	Плитка, кирпич	5464,7103	5731,9187	0,31	1349,33	67,4668
819	ООО «Саратовский завод газового оборудования»	46,0005	51,5392	145,2	Газовое оборудование	5409,2393	5727,5513	0,36	52,272	2,6136
820	ООО «Энгельский кирпичный завод»	46,1093	51,4671	250	Строительный кирпич	5416,0094	5719,5388	0,31	77,5	3,875
821	ОАО «Энгельский завод металлоконструкций»	46,1404	51,4452	210	Металлоконструкции любого вида	5417,9357	5717,1051	0,36	75,6	3,78
822	ЗАО «Энгельский мукомольный завод»	46,1271	51,492	1420	Мучная продукция	5417,5022	5722,306	0,13	184,6	9,23
823	ЗАО «Энгельсская мебельная фабрика»	46,1248	51,4807	145,3	Кухонная мебель	5417,225	5721,0502	0,3	43,59	2,1795



Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
824	ООО «Энгельсская кондитерская фабрика»	46,1118	51,4868	94,84	Кондитерские изделия	5416,3886	5721,7281	0,13	12,3292	0,61646
825	ООО «Энгельсский завод магнитных сепараторов»	46,1262	51,5026	54,2	Магнитные сепараторы	5417,5506	5723,4839	0,36	19,512	0,9756
826	ОАО «Балаковорезинотехника»	46,7972	51,5785	66,84	Резинотехнические изделия	5464,7103	5731,9187	0,36	24,0624	1,20312
827	ООО «Балаковский винно-водочный завод»	47,7781	52,0237	182,77	Алкогольная продукция	5536,0373	5781,3938	0,13	23,7601	1,18800
828	ОАО «Балашовский комбикормовый завод»	43,1465	51,5315	28,6	Корма для животных	5211,7387	5726,6956	0,13	3,718	0,1859
829	ОАО «Вольский цементный завод»	47,4393	52,0471	3400	Строительный цемент	5513,055	5783,9942	0,31	1054	52,7
830	ОАО «Вольский механический завод»	47,3699	52,0803	324,1	Противотанковые ракетные комплексы	5508,5951	5787,6837	0,36	116,676	5,8338
831	ОАО «Петровский электромеханический завод»	45,3841	52,2991	98,3	Системы управления для кораблей и судов	5375,4493	5811,999	0,36	35,388	1,7694
832	ООО «Волжский кирпичный завод»	46,8654	51,6772	620	Кирпич	5470,3443	5742,8872	0,31	192,2	9,61
833	ОАО «Аткарская швейная фабрика»	44,9995	51,8709	52,63	Одежда	5344,0512	5764,4131	0,66	34,7358	1,73679
834	ООО «Татищевская птицефабрика»	45,5984	51,6808	105,2	Яйцо, курица и цыплята	5383,0239	5743,2873	0,13	13,676	0,6838
835	ОАО «Птицефабрика Михайловская»	45,5947	51,6706	410,4	Мясо куриное	5382,6538	5742,1538	0,13	53,352	2,6676
836	ООО «Краснокутский арматурный завод»	46,9738	50,954	165,2	Трубопроводная арматура	5471,2163	5662,518	0,17	28,084	1,4042
837	ООО «Балашовский инструментальный завод обработки металла»	43,1562	51,5489	210	Тракторные прицепы	5212,67	5728,6293	0,36	75,6	3,78

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
838	ОАО «Мукомольный завод №7»	43,1352	51,5567	1320	Мучная продукция	5211,3349	5729,4961	0,13	171,6	8,58
839	ЗАО «Ремонтный завод энергетического оборудования»	46,7475	51,71	69,3	Пожарная арматура, грязевики, фильтры очистки воды	5462,5273	5746,5323	0,17	11,781	0,58905
840	ЗАО «Волжский литейный завод»	47,7969	52,0409	844,8	Литые изделия	5537,4606	5783,3052	0,36	304,128	15,2064
841	ООО «Производственно строительная компания Геодор»	46,1433	51,4631	3952,7	Материалы для защиты грунтов и инженерных сооружений	5418,3229	5719,0943	0,36	1422,97	71,1486
842	ООО «Завод металлоконструкций ХимНефтьРезервуар»	46,1325	51,4975	480,2	Металлопродукция	5417,9335	5722,9172	0,72	345,744	17,2872
843	ОАО «Энгельсская швейная фабрика № 7»	46,1214	51,5015	82,63	Одежда	5417,2069	5723,3617	0,66	54,5358	2,72679
844	ООО «Энгельский молочный комбинат»	46,1023	51,4597	440,62	Молочная продукция	5415,447	5718,7165	0,13	57,2806	2,86403
845	ОАО «Балаково-резинотехника»	47,4393	52,0471	482,6	Изделия из резины	5513,055	5783,9942	0,36	173,736	8,6868
846	ЗАО «Энгельский кирпичный завод»	46,1097	51,4701	4102	Кирпич	5416,0685	5719,8722	0,31	1271,62	63,581
847	ЗАО «Тролза»	46,1181	51,4677	40151,2	Троллейбусы и комплектующие	5416,6252	5719,6055	0,1	4015,12	200,756
848	ОАО «Транспортное машиностроение»	46,0979	51,4839	146	Путевая и вагонная техника	5415,3958	5721,4058	0,1	14,6	0,73
849	ОАО «Завод металлоконструкций»	46,1404	51,4452	337,5	Мостовые и строительные металлоконструкции	5417,9357	5717,1051	0,25	84,375	4,21875
850	ОАО «Саратовский нефтеперерабатывающий завод»	45,9495	51,4574	14000	Продукты нефтепереработки	5404,8361	5718,4609	0,01	140	7

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
851	ОАО «СЭЗ им. Серго Орджоникидзе»	46,0063	51,5497	197,6	Авиационные приборы и системы автоматического управления	5409,752	5728,7182	0,36	71,136	3,5568
852	ОАО «Завод автономных источников тока»	45,9543	51,5019	184,6	Аккумуляторы	5405,6448	5723,4061	0,36	66,456	3,3228
853	ООО «Саратоворг-синтез»	45,9054	51,4502	210	Химическая продукция	5401,7031	5717,6607	0,6	126	6,3
854	ООО Завод «Саратовгазавтоматика»	45,9765	51,5172	250	Энергетическое оборудование	5407,3446	5725,1064	0,36	90	4,5
855	ЗАО «Саратовский завод резервуарных металлоконструкций»	45,9619	51,586	536	Металлоконструкции разного вида	5407,0704	5732,7522	0,1	53,6	2,68
856	ОАО «Саратовский завод энергетического машиностроения»	45,9999	51,5229	216,2	Теплообменное оборудование	5409,0244	5725,7399	0,36	77,832	3,8916
<b>Ульяновская область</b>										
857	ОАО «Автодеталь-Сервис»	48,3557	54,3178	260	Комплекующие для автомобилей «УАЗ», «ГАЗ», «ВАЗ»	5592,1075	6036,3371	0,36	93,6	4,68
858	ОАО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»	48,383	54,3169	87,3	Приборы различного назначения	5593,8716	6036,2371	0,36	31,428	1,5714
859	ЗАО «Ульяновская обувная фабрика»	48,3156	54,2492	71	Обувь	5589,0004	6028,7136	0,66	46,86	2,343
860	ОАО КТЦ «Металлоконструкция»	48,276	54,3031	28	Ограждения дорожного типа	5586,8288	6034,7035	0,36	10,08	0,504
861	ОАО «Ульяновский моторный завод»	48,3601	54,2861	67,7	Автомобильные двигатели	5592,1611	6032,8143	0,36	24,372	1,2186
862	ЗАО «Ульяновск-цемент»	48,3542	54,1622	800	Строительный цемент	5590,8718	6019,0453	0,31	248	12,4
863	ООО «Инзенский деревообрабатывающий завод»	46,344	53,8583	88,3	Детали для мебели	5456,8239	5985,2729	0,3	26,49	1,3245

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
864	ОАО «Чердаклинский комбикормовый завод»	48,8457	54,3479	63,1	Корма для животных	5624,0855	6039,6821	0,13	8,203	0,41015
865	ОАО «Ульяновский сахарный завод»	48,1522	54,5918	292,3	Крахмалопаточная продукция	5581,0063	6066,7867	0,13	37,999	1,89995
866	ОАО «НПЦ НИИАР»	49,5185	54,2023	150	Атомные реакторы	5666,8919	6023,5016	0,1	15	0,75
867	ОАО «Ульяновский автомобильный завод»	48,3316	54,3093	460	Автомобили и комплектующие	5590,4819	6035,3925	0,36	165,6	8,28
868	ОАО «Ульяновский патронный завод»	48,48	54,3355	244	Патроны	5600,2956	6038,3041	0,5	122	6,1
869	ООО «Ульяновский лакокрасочный завод Белая марка»	48,6005	54,3464	4152,7	Лакокрасочная продукция	5608,1834	6039,5154	0,6	2491,62	124,581
870	УК ЗАО «Фирма Русь»	48,3108	54,2425	2,63	Бельевой трикотаж	5588,639	6027,969	0,66	1,7358	0,08679
871	ООО «Ульяновский мебельный комбинат»	48,3238	54,2408	172	Мебель	5589,4712	6027,7801	0,3	51,6	2,58
872	ОАО «Ульяновск-хлебпром»	48,3707	54,3044	188	Хлебобулочная продукция	5592,9826	6034,848	0,13	24,44	1,222
873	Ульяновский филиал ОАО «Кондитерское объединение Сладко»	48,3284	54,2658	134,84	Кондитерские изделия	5589,9541	6030,5584	0,13	17,5292	0,87646
874	ОАО «Молочный завод»	48,3927	54,3241	440,62	Молочная продукция	5594,5531	6037,0372	0,13	57,2806	2,86403
875	ОАО «Мясокомбинат Ульяновский»	48,2705	54,2939	490,4	Мясная продукция	5586,4034	6033,6811	0,13	63,752	3,1876
876	ОАО «ПТШФ Элегант»	48,4014	54,3272	17,63	Одежда	5595,1397	6037,3817	0,66	11,6358	0,58179
877	ФНПЦ ОАО «НПО Марс»	48,5422	54,3587	3275,12	Научно-техническая продукция	5604,4912	6040,8823	0,7	2292,58	114,629
878	ЗАО «Авиастар-СП»	48,605	54,3698	763,4	Самолеты и комплектующие	5608,6372	6042,1159	0,36	274,824	13,7412
879	ОАО «Завод Искра»	48,3584	54,3526	450	Полупроводниковые приборы, автомобильные компоненты, медицинская техника	5592,5373	6040,2044	0,36	162	8,1

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
880	ОАО «Ульяновский механический завод»	48,3396	54,3089	7558	Средства ПВО для российского оборонного комплекса	5590,9979	6035,3481	0,36	2720,88	136,044
881	ОАО «Ульяновский механический завод № 2»	48,2735	54,295	75,5	Стреловые краны на автомобильных шасси, краны на гусеничном ходу и автогидро-подъёмники	5586,6063	6033,8034	0,36	27,18	1,359
882	ОАО «Утес»	48,3849	54,3187	4500	Авионика, комплектующие для автомобильной промышленности, медицинской техники	5594,008	6036,4371	0,36	1620	81
883	ОАО «Ульяновский комбинат строительных материалов»	48,2705	54,2566	311	Строительные материалы	5586,1255	6029,536	0,31	96,41	4,8205
884	ООО «Симбирский станкостроительный завод»	48,2963	54,2964	446	Металлорежущее оборудование	5588,0963	6033,9589	0,36	160,56	8,028
885	ОАО «Ульяновская кондитерская фабрика Волжанка»	48,306	54,2363	114,84	Кондитерские изделия	5588,2813	6027,28	0,13	14,9292	0,74646
886	ОАО «Ульяновский комбинат строительных материалов»	48,2705	54,2566	42	Керамзит, кирпич керамический	5586,1255	6029,536	0,31	13,02	0,651
887	ООО «Ульяновский асфальтобетонный завод»	48,3074	54,3064	3175,12	Асфальтобетонные смеси	5588,8905	6035,0702	0,01	31,7512	1,58756
888	ООО «Ульяновский завод тяжелых и уникальных станков»	48,2963	54,2964	890	Тяжелое металлорежущее оборудование повышенного и нормального классов точности	5588,0963	6033,9589	0,36	320,4	16,02
889	ООО «Симбирское Трубопрокатное предприятие»	48,605	54,3698	900	Трубы различного сечения	5608,6372	6042,1159	0,17	153	7,65

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
890	ПКП «Завод высокотехнологичного оборудования»	48,5626	54,3401	1160,3	Оборудование и металлическая мебель	5605,6828	6038,8153	0,36	417,708	20,8854
891	ООО «Димитровградский инструментальный завод»	49,587	54,2086	134	Режущие инструменты, пресс-формы, штампы	5671,381	6024,2017	0,72	96,48	4,824
892	ООО «Димитровградский пружинный завод»	49,5712	54,2152	1,2	Пружины, изделия из проволоки и ленты	5670,3892	6024,9352	0,36	0,432	0,0216
893	ООО «Завод Трехсосенский»	49,6045	54,2276	175,4	Алкогольные напитки	5672,6206	6026,3132	0,13	22,802	1,1401
894	ООО «Ульяновская птицефабрика»	48,7285	54,3672	3,8	Яйца куриные, мясо птицы	5616,6196	6041,8269	0,13	0,494	0,0247
895	ООО «Барышская швейная фабрика»	47,1491	53,6359	24,63	Одежда	5507,5867	5960,5576	0,66	16,2558	0,81279
896	ОАО «Чуфаровский арматурный завод»	47,3346	54,0915	4552,7	Трубопроводная арматура	5523,8621	6011,1884	0,17	773,959	38,6979
897	ООО «Кузоватовская ВИТА»	47,685	53,5486	735	Сыры различные, колбаса	5542,1933	5950,8559	0,13	95,55	4,7775
898	ООО «Кирпичный завод Вешкаймский»	47,1237	54,0486	134,5	Кирпич керамический	5509,7121	6006,4209	0,31	41,695	2,08475
899	ОАО «Контактор»	48,3942	54,3197	33,5	Электротехническая продукция для различных отраслей промышленности	5594,6184	6036,5483	0,36	12,06	0,603
900	ЗАО «Завод ЖБИ-4»	48,5792	54,3474	1300	Строительные материалы	5606,8098	6039,6266	0,31	403	20,15
	Итого:			762465,2					191316,4	9565,819

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(Обязательное)

Таблица Б.1 – Список железнодорожных станций с географическими координатами и оценкой основных критериев

№	Название станции	Тип	Класс	Широта	Долгота	Коорд у	Коорд х		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Балашов 1	гр	2	51,5282	43,22058	5726,3289	5216,814	Юго-Восточная ж.д.	1	0	1	2	0	0	2	0	0
2	Благодатка	-	-	52,2095	43,883142	5802,0417	5272,1304		1	0	0	0	0	0	1	0	0
3	Ртищево 1	гр	1	52,248	43,827833	5806,3202	5268,9035		1	0	0	3	0	0	1	0	0
4	Березники	сорт	внекл	59,3352	57,014122	6593,9208	6120,9761	Свердловская ж.д.	1	0	1	4	0	0	0	0	0
5	Блочная	гр	1	58,0436	56,202332	6450,3853	6081,7965		1	0	1	3	2	2	2	2	0
6	Дружинино	гр	1	56,7913	59,518355	6311,2172	6290,3014		1	0	0	3	0	0	1	0	0
7	Осенцы	гр	внекл	57,9038	56,179425	6434,8493	6081,1797		1	0	0	4	2	2	2	2	0
8	Пермь-сортир	сорт	внекл	58,035	56,130521	6449,4296	6077,6146		1	0	0	4	2	2	2	2	0
9	Углеуральская	гр	2	58,9526	57,538118	6551,4024	6153,5852		1	0	0	2	0	0	0	0	0
10	Чепца	гр-пасс	4	57,8898	53,411689	6433,2935	5917,6642		1	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Чусовская	сорт	1	58,2902	57,839826	6477,7899	6176,1994		1	0	0	3	0	0	0	0	0
12	Новоорск	гр	2	51,3631	59,030363	5707,9813	6312,0083	Южно-уральская ж.д.	0	0	0	2	0	0	0	0	1
13	Бузулук	гр	1	52,7685	52,270703	5864,1634	5844,2662		0	0	1	3	0	0	2	0	1
14	Каргала	гр	2	51,8882	54,862755	5766,3357	6021,1706		0	0	0	2	1	1	2	1	1
15	Красногвардеец 2	гр	2	52,6766	52,357642	5853,9506	5850,024		0	0	0	2	0	0	2	0	1
16	Круторожино	гр	1	51,2877	58,434457	5699,6021	6271,2565		0	0	0	3	0	0	0	0	1
17	Кувандык	гр	2	51,4751	57,349589	5720,4279	6194,5762		0	0	0	2	0	0	0	0	1
18	Меновой двор	гр	2	51,7186	55,089131	5747,488	6037,2471		0	0	0	2	1	1	2	1	1
19	Никель	гр	1	51,2486	58,56447	5695,2569	6280,6273		0	0	0	3	0	0	1	0	1
20	Новосергиевская	гр	2	52,082	53,643131	5787,8727	5937,2782		0	0	0	2	0	0	2	0	1
21	Новотроицк	гр	1	51,202	58,340484	5690,0783	6265,4141		0	0	1	3	0	0	0	0	1
22	Оренбург	сорт	внекл	51,7766	55,074201	5753,9336	6036,0352		0	0	1	4	1	1	2	1	1

Продолжение таблицы Б.1

№	Название станции	Тип	Класс	Широта	Долгота	Коорд у	Коорд х		1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	Орск	сорт	внекл	51,2138	58,619429	5691,3896	6284,7485		0	0	1	4	0	0	1	0	1
24	Сакмарская	гр	2	51,9547	55,369136	5773,7258	6055,6825		0	0	0	2	0	0	0	0	1
25	Сибай	гр	3	52,719397	58,64981	5858,7066	6273,8621		1	0	0	1	0	0	0	0	1
26	Учалы	гр	3	54,3698	59,436779	6042,1159	6310,2848		0	0	1	1	0	0	0	0	1
27	Анисовка	сорт	внекл	51,4094	46,082748	5713,1266	5413,5644	Приволжская ж.д.	1	0	1	4	1	1	2	1	0
28	Балаково	сорт	2	52,0024	47,788343	5779,0267	5536,5684		1	0	1	2	0	0	2	0	1
29	Вольск 2	гр	2	52,0874	47,306612	5788,4728	5504,3321		1	0	0	2	0	0	2	0	0
30	Ершов	гр	2	51,3477	48,27443	5706,2699	5565,133		1	0	0	2	0	0	0	0	1
31	Князевка	гр	2	51,4561	45,957406	5718,3164	5405,37		1	0	0	2	1	1	2	1	0
32	Нефтяная	гр	1	51,4157	45,947623	5713,8267	5404,2598		1	0	0	3	1	1	2	1	0
33	Новоперелюбская	гр	3	51,9725	49,955169	5775,7039	5684,7587		1	0	0	1	0	0	0	0	1
34	Озинки	гр	1	51,1943	49,734516	5689,2226	5665,7798		1	0	0	3	0	0	2	0	1
35	Пугачевск	гр	2	52,0162	48,794007	5780,5603	5605,4996		1	0	0	2	0	0	0	0	1
36	Саратов 3	сорт	внекл	51,5419	45,997273	5727,8513	5409,0448		1	0	0	4	1	1	2	1	0
37	Сенная	гр	1	52,1606	46,969816	5796,6075	5481,9968		1	0	0	3	0	0	2	0	0
38	Трофимовский 2	гр	2	51,599	45,946752	5734,1969	5406,1633		1	0	1	2	1	1	2	1	0
39	Юльевка	гр	2	51,9329	47,930007	5771,3032	5545,7273		1	0	0	2	0	0	0	0	1
40	Абдулино	гр	2	53,6828	53,645071	5965,7696	5935,8128	Куйбышевская ж.д.	1	0	0	2	0	0	1	0	1
41	Аксаково	гр	4	54,1501	54,017818	5968,468	6003		1	0	1	0	0	0	0	0	1
42	Аллагуват	гр	1	53,468	55,920513	5941,8988	6086,6433		1	0	0	3	0	0	1	0	1
43	Барыш	гр	4	47,10588	53,655608	5504,919	5962,748		1	0	1	0	0	0	0	0	1
44	Безымянка	гр	1	53,2128	50,248496	5913,5385	5710,1126		1	0	1	3	2	2	2	2	0
45	Белорецк	гр	2	53,9269	58,321458	5992,8964	6241,7454		1	0	1	2	0	0	0	0	0
46	Бензин	гр	1	54,8332	56,091372	6093,6135	6091,314		1	0	0	3	2	2	2	2	1
47	Биклянь	гр	внекл	55,5914	51,970423	6177,8723	5828,6374		0	0	1	4	1	1	2	1	1
48	Бугульма	гр	1	54,5212	52,80865	6058,941	5880,9818		0	0	1	3	0	0	1	0	0



Продолжение таблицы Б.1

№	Название станции	Тип	Класс	Широта	Долгота	Коорд у	Коорд х		1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	Бугуруслан	гр	4	52,41787	53,624182	5854,941	5959,255		1	0	1	0	0	0	0	0	1
50	Громово	-	-	52,8366	48,254685	5871,7314	5574,5799		1	0	0	0	0	0	1	0	1
51	Дема	сорт	внекл	54,6961	55,835496	6078,3776	6075,543		1	0	0	4	2	2	2	2	1
52	Жигулевское море	сорт	1	53,4781	49,525092	5943,0213	5663,3776		1	0	1	3	1	1	2	1	1
53	Загородняя	гр	1	54,9266	56,078194	6103,9931	6090,0136		1	0	0	3	2	2	0	2	1
54	Инза	гр	2	53,8559	46,354811	5985,0062	5457,5079		1	0	0	2	0	0	0	0	1
55	Инзер	гр	2	54,2239	57,584579	6025,902	6191,3595		1	0	0	2	0	0	0	0	1
56	Кадошкино	гр	4	54,02159	44,417909	6003,4193	5332,7074		1	0	0	0	0	0	0	0	1
57	Кандры	гр	4	54,5531	54,098801	6062,486	5964,1898		1	0	0	0	0	0	2	0	1
58	Кашпир	гр	2	53,0628	48,409151	5896,869	5586,5641		1	0	0	2	0	0	2	0	1
59	Кинель	сорт	внекл	53,2311	50,633424	5915,5721	5735,8117		1	0	1	4	2	2	1	2	1
60	Косяковка	гр	1	53,7037	56,004415	5968,0922	6091,0909		1	0	1	3	0	0	1	0	1
61	Кривозеровка	-	-	53,1263	44,962315	5903,9257	5357,0338		0	0	0	0	1	1	2	1	1
62	Кротовка	гр	2	53,2797	51,172647	5920,9731	5771,8405		1	0	0	2	0	0	0	0	1
63	Круглое Поле	гр	1	55,6193	52,172607	6180,9728	5841,3786		0	0	1	3	1	1	2	1	1
64	Кряж	гр	2	53,1222	50,078274	5903,4701	5698,3666		1	0	0	2	0	0	1	0	0
65	Кульшарипово	гр	2	54,8616	52,157596	6096,7696	5839,4184		0	0	0	2	0	0	1	0	1
66	Мелеуз	гр	3	52,967806	55,917548	5886,3123	6088,7154		1	0	0	1	0	0	1	0	1
67	Мурапталово	-	5	52,4467	55,813856	5828,4018	6084,0352		1	0	0	0	0	0	1	0	1
68	Мыльная	-	4	53,049806	49,07783	5895,4249	5631,1672		1	0	0	0	0	0	0	0	1
69	Нижекамск	гр	4	51,81075	55,61749	5818,654	6180,772		0	0	1	0	0	0	0	0	1
70	Новокуйбышевская	сорт	1	53,1152	49,897695	5902,6922	5686,283		1	0	0	3	0	0	0	0	0
71	Новоотрадная	гр	2	53,3591	51,346642	5929,7968	5783,6128		1	0	0	2	0	0	0	0	1
72	Новоуфимская	гр	2	54,8594	56,094992	6096,5251	6091,4171		1	0	0	2	2	2	0	2	1
73	Октябрьск	сорт	внекл	53,161	48,666877	5907,7819	5604,4462		1	0	0	4	0	0	2	0	0
74	Пачелма	гр	4	53,3308	43,317868	5926,6518	5250,3896		0	0	0	0	0	0	0	0	1
75	Пенза	сорт	внекл	53,2066	45,042624	5912,8495	5363,3848		0	0	0	4	1	1	2	1	1

Продолжение таблицы Б.1

№	Название станции	Тип	Класс	Широта	Долгота	Коорд у	Коорд х		1	2	3	4	5	6	7	8	9
76	Пенза II	гр	3	45,04262	53,206612	5363,385	5912,851		0	0	1	1	1	1	2	1	1
77	Подбельская	гр	4	53,6004	51,80489	5956,6125	5814,4723		1	0	0	0	0	0	0	0	1
78	Приютово	гр	3	53,894909	53,933565	5989,341	5954,502		1	0	1	1	0	0	0	0	1
79	Рузаевка	сорт	1	54,0549	44,949694	6007,121	5367,8674		1	0	0	3	0	0	1	0	1
80	Салават	гр	3	53,362881	55,915518	5930,217	6086,79		1	0	1	1	0	0	1	0	1
81	Саранск	гр	1	54,21	45,205165	6024,3573	5386,444		1	0	1	3	0	0	1	0	1
82	Средневожжская	гр	3	50,28848	53,233511	5712,862	5915,84		1	0	1	1	2	2	2	2	0
83	Стерлитамак	гр	3	55,9503	53,632421	6087,858	5960,171		1	0	1	1	0	0	1	0	1
84	Сызрань I	сорт	внекл	53,1704	48,481923	5908,8266	5592,1815		1	0	0	4	0	0	2	0	1
85	Сызрань II	гр	3	48,48192	53,170391	5592,181	5908,826		1	0	1	1	0	0	2	0	1
86	Тихоново	гр	2	55,8266	52,248523	6204,0101	5846,3953		0	0	1	2	0	0	0	0	0
87	Тольятти	сорт	2	53,5665	49,295222	5952,8451	5648,6769		1	0	1	2	1	1	2	1	1
88	Торбеево	гр	3	54,0407	43,915113	6005,543	5300,1351		1	0	0	1	0	0	2	0	1
89	Туймазы	гр	3	53,70902	54,607811	5938,993	6068,566		1	0	1	1	0	0	0	0	1
90	Ульяновск III	гр	3	48,31102	54,301054	5589,086	6034,476		1	0	1	1	1	1	2	1	0
91	Уфа	гр	1	54,7481	55,946573	6084,1564	6082,4381		1	0	0	3	2	2	2	2	1
92	Химзаводская	гр	2	53,5505	49,489662	5951,0671	5661,4295		1	0	1	2	1	1	2	1	1
93	Хутор	-	-	53,224104	42,799378	5914,7947	5214,2663			0	0	0	0	0	0	0	1
94	Цильна	гр	4	54,5927	48,144148	6066,8868	5580,4944		1	0	0	0	0	0	2	0	1
95	Чагра	гр	5	52,6645	49,316584	5852,6059	5644,9303		1	0	0	0	0	0	0	0	1
96	Черниковка	гр	1	54,8066	56,097095	6090,6575	6091,8112		1	0	1	3	2	2	2	2	1
97	Черниковка-Восточная	гр	1	54,8377	56,119103	6094,1136	6093,0677		1	0	0	3	2	2	2	2	1
98	Чуфарово	гр	5	54,0973	47,350477	6011,8329	5524,949		1	0	0	0	0	0	0	0	0
99	Агрыз	сорт	внекл	56,526	53,012504	6281,7344	5894,098	Горьковская ж.д.	1	0	0	4	0	0	2	0	1
100	Алатырь	гр	4	54,8398	46,572177	6094,347	5481,7369		1	0	0	0	0	0	0	0	0
101	Алнаши	гр	5	56,1162	52,5612	6236,1933	5866,1289		1	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы Б.1

№	Название станции	Тип	Класс	Широта	Долгота	Коорд у	Коорд х		1	2	3	4	5	6	7	8	9
102	Арзамас II	гр	1	43,85137	55,417541	5315,931	6158,551		1	0	1	3	0	0	1	0	1
103	Балезино	гр	1	57,9749	53,005857	6442,7506	5893,6765		1	0	0	3	0	0	0	0	1
104	Берецино	гр	4	43,70012	54,9452	5299,386	6106,06		1	0	1	0	0	0	0	0	1
105	Вахитово	гр	2	55,767919	49,107384	6197,489	5649,839		1	0	1	2	2	2	2	2	0
106	Волжск	гр	4	55,862828	48,360633	6208,036	5603,835		1	0	1	0	0	0	1	0	1
107	Восстание	гр	2	55,8392	49,040765	6205,4103	5646,1249		1	0	1	2	2	2	2	2	1
108	Воткинск	гр	4	54,01548	57,04148	5954,761	6339,02		1	0	1	0	0	0	0	0	1
109	Вурнары	гр	4	55,490345	46,958156	6166,642	5512,713		1	0	1	0	0	0	0	0	0
110	Глазов	гр	2	52,66549	58,133152	5873,694	6460,337		1	0	1	2	0	0	0	0	1
111	Горький-Автозавод	гр	-	44,61189	56,312764	5375,992	6258,038		1	0	1	0	2	2	2	2	1
112	Горький-сортировочный	сорт	внекл	56,3128	44,611891	6258,0415	5375,9927		1	0	0	4	2	2	2	2	1
113	Зеленый дол	гр	2	55,842	48,561325	6205,7215	5616,2096		1	0	0	2	0	0	1	0	1
114	Зелецино	гр	внекл	56,1374	44,135748	6238,5493	5344,1183		1	0	0	4	0	0	2	0	1
115	Игумново	гр	2	56,2529	43,581631	6251,3848	5311,5405		1	0	0	2	2	2	2	2	1
116	Ижевск	гр	1	56,8021	53,189994	6312,4174	5904,8985		1	0	0	3	1	1	2	1	1
117	Йошкар-Ола	гр	1	56,622	47,879369	6292,4029	5580,0764		0	0	1	3	0	0	1	0	1
118	Кама	гр	2	56,2978	54,110542	6256,3745	5961,8509		1	0	0	2	0	0	0	0	1
119	Канаш	гр	1	55,5069	47,491764	6168,4818	5546,4749		1	0	0	3	0	0	1	0	0
120	Киров	гр	внекл	58,5782	49,651997	6509,7954	5699,2483		1	0	0	4	0	0	1	0	1
121	Киров-Котласский	гр	1	49,64353	58,606127	5698,913	6512,899		1	0	1	3	0	0	1	0	1
122	Костариха	гр	1	43,87754	56,30888	5330,644	6257,606		1	0	1	3	2	2	2	2	1
123	Котельнич I	гр	3	48,34349	58,309389	5621,324	6479,922		1	0	1	1	0	0	1	0	0
124	Красный Узел	гр	2	54,4138	45,349013	6047,0056	5398,2561		0	0	0	2	0	0	0	0	0
125	Лагерная	гр	2	55,8016	49,007554	6201,2318	5643,8102		1	0	1	2	2	2	2	2	1
126	Люк	-	5	57,721695	53,089715	6414,612	5898,6585		1	0	0	0	0	0	0	0	0
127	Лянгасово	сорт	внекл	58,5175	49,458697	6503,0498	5687,6868		1	0	0	4	0	0	1	0	0

Продолжение таблицы Б.1

№	Название станции	Тип	Класс	Широта	Долгота	Коорд у	Коорд х		1	2	3	4	5	6	7	8	9
128	Моховые Горы	гр	3	56,357679	44,072884	6263,029	5343,396		1	0	1	1	2	2	2	2	1
129	Навашино	гр	2	55,5396	42,191713	6172,1157	5213,2937		1	0	0	2	0	0	0	0	1
130	Нуя	гр	2	54,4495	45,852438	6050,9729	5431,2342		0	0	0	2	0	0	1	0	1
131	Позимь	гр	3	53,2488	56,82474	5908,47	6314,933		1	0	1	1	1	1	2	1	1
132	Починки	гр	3	56,82474	53,2488	6314,933	5908,47		1	0	1	1	2	2	2	2	1
133	Правдинск	гр	2	56,521587	43,544163	6281,244	5313,332		1	0	1	2	0	0	0	0	1
134	Сайгатка	гр	-	54,13782	56,772616	5962,659	6309,141		1	0	0	0	0	0	0	0	1
135	Саркуз	-	5	56,386697	51,71646	6266,2536	5814,3217		1	0	0	0	0	0	0	0	1
136	Сергач	гр	2	55,5191	45,494082	6169,8376	5420,8265		1	0	0	2	0	0	0	0	1
137	Слободское	гр	4	50,17969	58,719099	5730,497	6525,454		1	0	1	0	0	0	1	0	1
138	Теша	пр	4	55,5129	42,815225	6169,1486	5252,0889		1	0	0	0	0	0	0	0	1
139	Ува 1	гр	4	56,976368	52,288211	6331,7838	5850,197		1	0	1	0	0	0	0	0	1
140	Чебоксары	гр	1	56,1439	47,248887	6239,2716	5537,0629		1	0	1	3	0	0	2	0	0
141	Чепецкая	гр	2	58,5375	49,986547	6505,2724	5718,439		1	0	0	2	0	0	0	0	1
142	Шахунья	гр	1	57,6712	46,616958	6409,0005	5513,7667		1	0	1	3	0	0	0	0	0
143	Юдино	сорт	внекл	55,8157	48,895427	6202,7987	5636,8954		1	0	0	4	2	2	2	2	1
144	Янаул	гр	2	56,2725	54,929141	6253,5629	6012,4368		1	0	0	2	0	0	0	0	1
145	Яр	гр	2	58,2501	52,110165	6473,3336	5841,2649		1	0	0	2	0	0	0	0	1

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
(Обязательное)

Таблица В.1 – Список железнодорожных станций, открытых по параграфу тарифного руководства для работы с КТК

№	Дорога	Название Станции	Регион	Класс	Параграф	Широта	Долгота	Коорд х	Коорд у
1	Горьковская	Арзамас II	Нижегородская	1	8	55,417541	43,85137	5315,931	6158,551
2		Берецино	Нижегородская	4	8Н	54,9452	43,70012	5299,386	6106,06
3		Вахитово	Татарстан	2	8,10(8Н,10Н)	55,767919	49,107384	5649,839	6197,489
4		Волжск	Марий Эл	4	10(10Н)	55,862828	48,360633	5603,835	6208,036
5		Вурнары	Чувашия	4	8(8Н,10Н)	55,490345	46,958156	5512,713	6166,642
6		Восстание	Татарстан	2	8Н,10Н	55,839249	49,04077	5646,126	6205,416
7		Воткинск	Удмуртия	4	8Н,10Н	57,04148	54,01548	5954,761	6339,02
8		Глазов	Удмуртия	2	8,8Н,10Н	58,133152	52,66549	5873,694	6460,337
9		Горький-Автозавод	Нижегородская	-	8Н,10Н	56,312764	44,61189	5375,992	6258,038
10		Моховые Горы	Нижегородская	3	8	56,357679	44,072884	5343,396	6263,029
11		Йошкар-Ола	Марий Эл	1	8	56,622038	47,87937	5580,077	6292,407
12		Киров-Котласский	Кировская	1	8,10	58,606127	49,64353	5698,913	6512,899
13		Костариха	Нижегородская	1	8,10	56,30888	43,87754	5330,644	6257,606
14		Котельнич I	Кировская	3	8	58,309389	48,34349	5621,324	6479,922
15		Лагерная	Татарстан	2	8,10	55,801551	49,00755	5643,81	6201,226
16		Позимь	Удмуртия	3	8,10	56,82474	53,2488	5908,47	6314,933
17		Починки	Нижегородская	3	8,10(8Н,10Н)	56,82474	53,2488	5908,47	6314,933
18		Правдинск	Нижегородская	2	8,10(8Н,10Н)	56,521587	43,544163	5313,332	6281,244
19		Слободское	Кировская	4	8	58,719099	50,17969	5730,497	6525,454
20		Ува 1	Удмуртия	4	8	56,976368	52,288211	5850,197	6331,7838
21		Чебоксары	Чувашия	1	8,10	56,1439	47,24889	5537,063	6239,272
22	Куйбышевская	Аксаково	Башкортостан	4	8Н	54,017818	54,1501	5968,468	6003
23		Барыш	Ульяновская	4	8	53,655608	47,10588	5504,919	5962,748
24		Безымянка	Самарская	1	8,10	53,212798	50,2485	5710,113	5913,538
25		Биклянь	Татарстан	Внеклассная	8(8Н,10Н)	55,5914	51,970423	5828,6374	6177,8723

Продолжение таблицы В.1

№	Дорога	Название Станции	Регион	Класс	Параграф	Широта	Долгота	Коорд х	Коорд у
26	Куйбышевская	Кинель	Самарская	Внеклассная	8,10(8Н,10Н)	53,2311	50,633424	5735,8117	5915,5721
27		Жигулевское Море	Самарская	1	8(8Н,10Н)	53,4781	49,525092	5663,3776	5943,0213
28		Бугульма	Татарстан	1	8Н	54,521199	52,80865	5880,982	6058,941
29		Бугуруслан	Оренбургская	4	8Н	53,624182	52,41787	5854,941	5959,255
30		Косяковка	Башкортостан	1	8Н,10Н	53,703715	56,00442	6091,091	5968,094
31		Круглое Поле	Татарстан	1	8Н,10Н	55,619284	52,17261	5841,379	6180,971
32		Нижнекамск	Татарстан	4	8,10	55,61749	51,81075	5818,654	6180,772
33		Пенза II	Пензенская	3	8,10	53,206612	45,04262	5363,385	5912,851
34		Приютово	Башкортостан	3	8(8Н,10Н)	53,894909	53,933565	5954,502	5989,341
35		Саранск	Мордовия	1	8,8Н,10,10Н	54,209976	45,20517	5386,444	6024,355
36		Средневожская	Самарская	3	8Н,10Н	53,233511	50,28848	5712,862	5915,84
37		Стерлитамак	Башкортостан	3	8,10	53,632421	55,9503	6087,858	5960,171
38		Сызрань I I	Самарская	3	8	53,170391	48,48192	5592,181	5908,826
39		Салават	Башкортостан	3	8(8Н,10Н)	53,362881	55,915518	6086,79	5930,217
40		Тихоново	Татарстан	2	8Н,10Н	55,826569	52,24852	5846,395	6204,007
41		Тольятти	Самарская	2	8,8Н,10Н	53,56653	49,29522	5648,677	5952,849
42		Туймазы	Башкортостан	3	8,8Н,10Н	54,607811	53,70902	5938,993	6068,566
43		Ульяновск III	Ульяновская	3	8,8Н,10,10Н	54,301054	48,31102	5589,086	6034,476
44		Химзаводская	Самарская	2	8Н,10Н	53,550543	49,48966	5661,43	5951,072
45		Белорецк	Башкортостан	2	8(8Н)	53,9269	58,321458	6241,7454	5992,8964
46	Черниковка	Башкортостан	1	8,10	54,806646	56,0971	6091,811	6090,663	
47	Приволжская	Балаково	Саратовская	2	8	52,002365	47,78834	5536,568	5779,023
48		Анисовка	Саратовская	Внеклассная	8(8,10)	51,4094	46,082748	5413,5644	5713,1266
49		Трофимовский II	Саратовская	2	8,10	51,598998	45,94675	5406,163	5734,197
50	Свердловская	Березники	Пермский край	Внеклассная	8,10	59,401422	56,76479	6106,42	6601,28
51		Блочная	Пермский край	1	8,8Н,10,10Н	58,043629	56,20233	6081,796	6450,389

Продолжение таблицы В.1

№	Дорога	Название Станции	Регион	Класс	Параграф	Широта	Долгота	Коорд x	Коорд y
52	Юго-Восточная	Балашов I	Саратовская	2	8	51,528178	43,22058	5216,814	5726,326
53	Южно-Уральская	Орск	Оренбургская	Внеклассная	8	51,21377	58,61943	6284,749	5691,386
54		Бузулук	Оренбургская	1	8,10(10Н)	52,7685	52,270703	5844,2662	5864,1634
55		Новотроицк	Оренбургская	1	8(8Н,10Н)	51,202	58,340484	6265,4141	5690,0783
56		Оренбург	Оренбургская	Внеклассная	8(8,10)	51,7766	55,074201	6036,0352	5753,9336
57		Учалы	Башкортостан	3	8(8Н,10Н)	54,3698	59,436779	6310,2848	6042,1159
58	Горьковская	Шахунья	Нижегородская	1	8Н,10Н	57,6712	46,616958	5513,7667	6409,0005

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
(Обязательное)

Количество КТ:	58,00
Общий объём перерабатываемой продукции(тыс.т):	191316,37
Среднее расстояние между КТ(км):	457,47
Среднее расстояние от предприятий до КТ(км):	21,75
Суммарное расстояние от предприятий до КТ:	19571,28
Грузооборот (тыс.т · км нетто): между клиентами и КТ	3493315,86

Таблица Г.1 – Результаты кластеризации для первого уровня КТС по 1 - варианту

ID КТ	Наименование	Кол-во предприятий, отнесённых к КТ	ID предприятий, отнесённых к КТ	Объём переработки (тыс.т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от предприятий до КТ (км)	Суммарное расстояние от предприятий до КТ (км)
1	2	3	4	5	6	7	8
2	Балашов 1	5	679, 684, 828, 837, 838	865,11	0,452%	47,58	237,92
4	Блочная	45	325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 346, 347, 348, 349, 350, 353, 354, 355, 357, 358, 362, 363, 364, 365, 367, 368, 369, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380	14041,49	7,339%	26,11	1175,07
6	Березники	10	336, 344, 345, 351, 359, 360, 361, 366, 370, 381	4647,19	2,429%	45,06	450,60
13	Орск	21	567, 568, 569, 573, 574, 576, 580, 585, 586, 587, 589, 590, 591, 600, 604, 609, 618, 628, 631, 633, 641	5277,91	2,759%	21,26	446,55
16	Новотроицк	20	57, 571, 575, 578, 579, 584, 588, 598, 599, 601, 605, 610, 611, 612, 617, 619, 624, 636, 637, 639	5792,73	3,028%	30,46	609,26



Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8
19	Оренбург	35	566, 570, 572, 577, 581, 583, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 602, 603, 606, 608, 613, 614, 615, 620, 621, 622, 623, 625, 626, 627, 629, 630, 632, 634, 635, 638, 640, 642, 643	5914,86	3,092%	12,76	446,59
24	Бузулук	3	582, 607, 616	1193,61	0,624%	7,20	21,59
25	Учалы	2	16, 53	32,74	0,017%	6,87	13,73
31	Балаково	6	792, 827, 829, 830, 840, 845	2109,40	1,103%	18,03	108,18
34	Анисовка	24	811, 814, 815, 816, 818, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 832, 836, 841, 842, 843, 844, 846, 847, 848, 849, 850, 853	9671,04	5,055%	19,60	470,39
38	Трофимовский 2	32	793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 812, 813, 817, 819, 831, 833, 834, 835, 839, 851, 852, 854, 855, 856	3002,08	1,569%	14,47	462,98
40	Белорецк	4	10, 12, 66, 67	374,53	0,196%	41,80	167,20
43	Косяковка	4	28, 36, 37, 41	1977,79	1,034%	12,59	50,35
48	Черниковка	33	1, 2, 3, 4, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 52, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 87	10763,62	5,626%	18,95	625,39
51	Тихоново	12	154, 167, 186, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 213, 279	1776,87	0,929%	27,47	329,65
52	Круглое Поле	4	187, 189, 195, 211	1556,72	0,814%	15,07	60,27
53	Биклянь	2	168, 207	403,20	0,211%	16,91	33,83
55	Бугульма	7	152, 153, 155, 201, 202, 210, 215	1091,61	0,571%	32,13	224,88
59	Кинель	3	729, 754, 789	59,62	0,031%	38,18	114,53
60	Жигулевское море	3	725, 730, 755	1982,42	1,036%	8,42	25,26
63	Безымянка	34	720, 721, 722, 723, 724, 731, 733, 736, 737, 738, 740, 741, 744, 747, 748, 750, 751, 752, 756, 759, 761, 762, 769, 772, 773, 774, 775, 776, 781, 782, 784, 786, 788, 791	5893,38	3,080%	10,27	349,29

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8
64	Химзаводская	13	732, 753, 758, 767, 768, 778, 779, 783, 787, 866, 891, 892, 893	2558,66	1,337%	26,01	338,12
65	Тольятти	3	745, 749, 771	1161,95	0,607%	1,79	5,36
70	Саранск	31	119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 151	5002,27	2,615%	18,71	579,97
87	Аксаково	11	11, 15, 43, 44, 45, 49, 55, 56, 83, 84, 85	820,35	0,429%	38,10	419,08
88	Барыш	16	664, 673, 674, 682, 693, 700, 705, 706, 708, 713, 714, 863, 895, 896, 897, 898	1990,78	1,041%	60,43	966,84
89	Бугуруслан	1	728	76,58	0,040%	19,78	19,78
90	Нижекамск	8	169, 170, 171, 203, 221, 222, 226, 398	316,53	0,165%	42,55	340,36
91	Пенза II	63	644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 675, 676, 677, 678, 680, 681, 683, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 701, 702, 703, 704, 707, 709, 710, 711, 712, 715, 716, 717, 718, 719	7404,01	3,870%	21,45	1351,40
92	Средневожская	13	356, 727, 734, 735, 760, 763, 764, 766, 770, 777, 780, 785, 790	1980,29	1,035%	5,14	66,83
93	Стерлитамак	8	24, 25, 26, 27, 29, 39, 40, 80	1853,39	0,969%	3,23	25,85
94	Сызрань I I	7	726, 739, 742, 743, 746, 757, 765	480,14	0,251%	6,98	48,89
95	Туймазы	7	7, 14, 50, 51, 61, 64, 208	342,23	0,179%	12,18	85,26
96	Приютово	0		0,00	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
97	Салават	15	5, 6, 9, 13, 17, 46, 47, 48, 54, 69, 77, 78, 79, 86, 445	4057,10	2,121%	32,78	491,63
98	Ульяновск III	36	205, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 864, 865, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 894, 899, 900	12231,93	6,394%	11,60	417,71
107	Йошкар-Ола	18	93, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 112, 113, 114, 115, 116	1837,90	0,961%	10,02	180,35

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8
108	Лагерная	2	224, 225	67,26	0,035%	13,46	26,92
109	Восстание	14	158, 161, 162, 164, 166, 174, 181, 182, 184, 206, 212, 214, 216, 218	2461,09	1,286%	9,47	132,57
114	Чебоксары	31	108, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 318, 320, 322, 323, 324	3658,06	1,912%	9,26	287,15
121	Шахунья	0		0,00	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
127	Ува I	5	281, 285, 286, 402, 436	494,56	0,259%	72,48	362,42
129	Арзамас II	12	480, 496, 497, 507, 513, 515, 556, 557, 558, 563, 564, 565	4437,27	2,319%	45,96	551,50
130	Берецино	4	149, 459, 475, 476	239,82	0,125%	109,21	436,83
131	Воткинск	8	265, 266, 267, 268, 269, 270, 287, 352	832,04	0,435%	9,36	74,86
132	Глазов	20	227, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 276, 277, 278, 280, 282, 283, 399, 405, 406, 412	1951,34	1,020%	32,88	657,69
133	Горький-Автозавод	11	458, 481, 482, 483, 484, 500, 501, 504, 505, 506, 511	811,04	0,424%	57,13	628,42
134	Киров-Котласский	52	382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 400, 403, 404, 407, 408, 409, 410, 411, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 426, 427, 429, 431, 432, 433, 438, 439, 440, 441, 443, 444, 446, 447, 448, 450, 451, 452, 453, 455	8511,13	4,449%	14,16	736,13
135	Костариха	53	456, 461, 463, 464, 465, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 479, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 510, 514, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 530, 534, 535, 537, 538, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 552, 554, 561	12603,03	6,588%	22,11	1171,59
136	Котельнич I	2	413, 424	1310,16	0,685%	118,42	236,83

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8
137	Позимь	38	8, 42, 81, 82, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 271, 272, 273, 274, 275, 284	5101,35	2,666%	22,11	840,16
139	Слободское	12	397, 401, 414, 425, 428, 430, 434, 435, 437, 442, 449, 454	2502,56	1,308%	17,09	205,12
140	Вахитово	20	157, 159, 160, 163, 165, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 183, 185, 204, 209, 217, 219, 223	4724,48	2,469%	12,57	251,48
141	Волжск	19	88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 102, 110, 111, 117, 118, 156, 197, 198, 199, 200, 220, 319	5944,27	3,107%	11,47	217,85
142	Вурнары	8	148, 313, 314, 315, 316, 317, 321, 477	1106,10	0,578%	63,65	509,16
143	Моховые Горы	16	457, 462, 466, 528, 529, 531, 532, 533, 536, 539, 551, 553, 555, 559, 560, 562	10556,22	5,518%	10,34	165,38
144	Починки	0		0,00	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
145	Правдинск	14	460, 478, 491, 492, 493, 494, 495, 498, 499, 502, 503, 508, 509, 512	3462,56	1,810%	22,73	318,26

384

Затраты на структуру (s-D)

27 946 526 858,22 руб.

Количество КНРЦ	9,00
Общий объём перерабатываемой продукции (тыс.т):	191316,37
Среднее расстояние между КНРЦ (км):	597,72
Среднее расстояние от КТ до КНРЦ (км):	102,95
Суммарное расстояние от КТ до КНРЦ:	5971,27
Грузооборот (тыс.т · км нетто): между КТ и КНРЦ	12500290,96

Таблица Г.2 – Результаты кластеризации для второго уровня КТС по 1 - варианту

ID	Наименование	Кол-во КТ, отнесённых к КНРЦ	ID станций, отнесённых к КНРЦ	Объём переработки (тыс.т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от КТ до КНРЦ (км)	Суммарное расстояние от станций до КНРЦ (км)
8	Пермь-сортир	5	4, 6, 131, 137, 144	24622,07	12,870%	150,50	752,52
109	Восстание	11	51, 52, 53, 90, 107, 108, 109, 114, 140, 141, 142	23852,48	12,468%	106,74	1174,16
14	Никель	2	13, 16	11070,65	5,787%	10,86	21,72
36	Саратов 3	4	2, 31, 34, 38	15647,63	8,179%	88,00	352,02
104	Чепецкая	6	121, 127, 132, 134, 136, 139	14769,75	7,720%	125,08	750,50
91	Пенза II	2	70, 91	12406,29	6,485%	56,93	113,87
135	Костариха	6	129, 130, 133, 135, 143, 145	32109,94	16,784%	57,23	343,38
93	Стерлитамак	11	19, 25, 40, 43, 48, 55, 87, 93, 95, 96, 97	27228,21	14,232%	132,08	1452,83
65	Тольятти	11	24, 59, 60, 63, 64, 65, 88, 89, 92, 94, 98	29609,36	15,477%	91,84	1010,26

Затраты на структуру (S·D+C·K·γ)

31 940 290 000,96 руб.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
(Обязательное)

<i>k</i>	58
Количество пустых <i>k</i>	3
Суммарный объем перевозок(км·тыс.т.)	3493315,857
Затраты	27 946 526 858,22 руб.

Таблица Д.1 - Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ

<i>K</i>	Суммарный объем перевозок(км·тыс.т.)	Затраты
5	25782696,76	36 582 696 764,80 руб.
6	21445546,23	34 405 546 230,47 руб.
7	17927684,41	33 047 684 411,02 руб.
8	14836935,19	32 116 935 192,67 руб.
9	12500290,96	31 940 290 000,96 руб.
10	10667741,76	32 267 741 756,31 руб.
11	9023404,75	32 783 404 748,32 руб.
12	7436597,82	33 356 597 819,20 руб.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**  
(Обязательное)

Количество КТ:	58,00
Общий объём перерабатываемой продукции(тыс.т):	191316,37
Среднее расстояние между КТ(км):	533,13
Среднее расстояние от предприятий до КТ(км):	18,99
Суммарное расстояние от предприятий до КТ:	17094,66
Грузооборот (тыс.т · км нетто):	2797742,42

Таблица Е.1 – Результаты кластеризации для первого уровня КТС по 2 - варианту

ID	Наименование	Кол-во предприятий, отнесённых к КТ	ID предприятий, отнесённых к КТ	Объём переработки (тыс.т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от предприятий до КТ (км)	Суммарное расстояние от предприятий до КТ (км)
1	2	3	4	5	6	7	8
13	Орск	15	568, 569, 573, 574, 576, 580, 586, 590, 591, 600, 604, 618, 628, 631, 633	3450,258	1,803%	26,18	392,65
22	Новосергиевская	2	581, 583	238,095	0,124%	21,53	43,07
27	Пугачевск	0		0,000	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
132	Глазов	10	227, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264	537,376	0,281%	1,90	18,97
52	Круглое Поле	24	154, 167, 168, 169, 170, 171, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 203, 207, 211, 221, 226, 279, 398	3988,453	2,085%	33,42	802,07
29	Ершов	0		0,000	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Пермь-сортир	40	325, 326, 327, 328, 329, 330, 332, 333, 334, 335, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 347, 349, 353, 354, 355, 357, 358, 362, 363, 364, 365, 367, 368, 369, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379	12918,595	6,752%	16,05	642,15
16	Новотроицк	11	571, 575, 578, 579, 599, 605, 611, 612, 617, 636, 637	3412,549	1,784%	32,81	360,87
10	Дружинино	0		0,000	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
145	Правдинск	12	457, 460, 478, 491, 492, 493, 494, 498, 503, 508, 509, 512	3373,578	1,763%	18,29	219,47
79	Пачелма	6	649, 665, 666, 670, 681, 690	921,692	0,482%	43,25	259,49
103	Яр	5	399, 405, 406, 412, 449	306,331	0,160%	73,82	369,10
135	Костариха	46	456, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 486, 487, 510, 516, 528, 529, 531, 532, 533, 536, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 559, 560, 561, 562	16757,442	8,759%	10,00	459,83
55	Бугульма	7	152, 153, 155, 201, 202, 210, 215	1091,607	0,571%	32,13	224,88
6	Березники	7	344, 345, 359, 360, 366, 370, 381	2834,364	1,482%	40,64	284,48
98	Ульяновск III	35	857, 858, 859, 860, 861, 862, 864, 865, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 894, 899, 900	12228,536	6,392%	9,75	341,33
119	Игумново	25	479, 485, 488, 489, 490, 495, 499, 502, 514, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 530, 534, 535, 537, 538	6490,792	3,393%	24,54	613,44



Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ртищево 1	7	650, 679, 680, 684, 828, 837, 838	974,150	0,509%	59,10	413,68
107	Йошкар-Ола	19	93, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 436	1857,711	0,971%	17,04	323,85
136	Котельнич I	2	413, 424	1310,160	0,685%	118,42	236,83
63	Безымянка	50	356, 720, 721, 722, 723, 724, 727, 729, 731, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 740, 741, 744, 747, 748, 750, 751, 752, 754, 756, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 766, 769, 770, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 780, 781, 782, 784, 785, 786, 788, 789, 790, 791	7933,292	4,147%	12,34	616,91
134	Киров-Котласский	40	382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 403, 404, 407, 408, 409, 419, 421, 422, 423, 427, 429, 431, 432, 433, 438, 439, 440, 441, 443, 444, 446, 447, 450, 452, 453, 455	5576,075	2,915%	11,60	464,10
131	Воткинск	7	265, 266, 267, 268, 269, 270, 287	822,036	0,430%	6,34	44,39
72	Пенза	55	644, 645, 646, 647, 648, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 667, 668, 669, 671, 672, 675, 676, 677, 678, 683, 685, 686, 687, 688, 689, 691, 692, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 701, 702, 703, 704, 707, 709, 710, 711, 712, 715, 716, 717, 718, 719	6373,277	3,331%	8,63	474,60
28	Озинки	0		0,000	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
138	Сайгатка	1	352	10,000	0,005%	0,85	0,85

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8
140	Вахитово	36	157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 204, 206, 209, 212, 214, 216, 217, 218, 219, 222, 223, 224	7233,249	3,781%	15,95	574,23
113	Канаш	4	205, 316, 317, 321	100,645	0,053%	27,47	109,87
95	Туймазы	7	7, 14, 50, 51, 61, 64, 208	342,235	0,179%	12,18	85,26
120	Горький-сортировочный	12	458, 477, 481, 482, 483, 484, 500, 501, 504, 505, 506, 511	1157,137	0,605%	60,47	725,68
24	Бузулук	4	582, 607, 616, 728	1270,192	0,664%	30,07	120,27
36	Саратов 3	55	793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 831, 833, 834, 835, 836, 839, 841, 842, 843, 844, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856	12480,925	6,524%	15,63	859,88
50	Уфа	33	1, 2, 3, 4, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 52, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 87	10763,625	5,626%	18,81	620,68
15	Круторожино	15	57, 567, 584, 585, 587, 588, 589, 598, 601, 609, 610, 619, 624, 639, 641	4207,839	2,199%	15,21	228,12
125	Алатырь	4	148, 313, 314, 315	662,760	0,346%	5,35	21,38
129	Арзамас II	6	556, 557, 558, 563, 564, 565	3145,715	1,644%	3,65	21,91
97	Салават	15	5, 6, 9, 13, 17, 46, 47, 48, 54, 69, 77, 78, 79, 86, 445	4057,097	2,121%	32,78	491,63
100	Кама	10	8, 42, 81, 82, 213, 271, 272, 273, 274, 275	274,210	0,143%	29,23	292,29
5	Чусовская	5	331, 346, 348, 350, 380	1122,899	0,587%	19,65	98,26

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8
88	Барыш	16	664, 673, 674, 682, 693, 700, 705, 706, 708, 713, 714, 863, 895, 896, 897, 898	1990,781	1,041%	60,43	966,84
26	Сибай	1	67	52,992	0,028%	26,33	26,33
65	Тольятти	26	725, 726, 730, 732, 739, 742, 743, 745, 746, 749, 753, 755, 757, 758, 765, 767, 768, 771, 778, 779, 783, 787, 866, 891, 892, 893	6183,166	3,232%	38,44	999,45
87	Аксаково	11	11, 15, 43, 44, 45, 49, 55, 56, 83, 84, 85	820,346	0,429%	38,10	419,08
40	Белорецк	5	10, 12, 16, 53, 66	354,272	0,185%	35,18	175,88
19	Оренбург	33	566, 570, 572, 577, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 602, 603, 606, 608, 613, 614, 615, 620, 621, 622, 623, 625, 626, 627, 629, 630, 632, 634, 635, 638, 640, 642, 643	5676,767	2,967%	8,46	279,06
41	Инзер	0		0,000	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
78	Торбеево	4	120, 145, 147, 149	263,652	0,138%	27,12	108,47
117	Навашино	6	459, 475, 476, 480, 497, 515	884,717	0,462%	16,05	96,29
43	Косяковка	12	24, 25, 26, 27, 28, 29, 36, 37, 39, 40, 41, 80	3831,177	2,003%	10,27	123,27
114	Чебоксары	31	108, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 318, 320, 322, 323, 324	3658,057	1,912%	9,26	287,15
7	Углеуральская	3	336, 351, 361	1812,828	0,948%	15,40	46,19
104	Чепецкая	24	396, 397, 400, 401, 402, 410, 411, 414, 415, 416, 417, 418, 420, 425, 426, 428, 430, 434, 435, 437, 442, 448, 451, 454	5485,674	2,867%	15,05	361,21

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8
70	Саранск	28	119, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 150, 151	4758,782	2,487%	11,73	328,55
124	Теша	3	496, 507, 513	626,494	0,327%	30,76	92,27
101	Ижевск	32	228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 281, 284, 285, 286	5250,999	2,745%	11,52	368,62
33	Вольск 2	7	792, 827, 829, 830, 832, 840, 845	2301,600	1,203%	22,38	156,63
111	Зеленый дол	20	88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 102, 110, 111, 117, 118, 156, 197, 198, 199, 200, 220, 225, 319	5983,392	3,127%	14,38	287,58
102	Балезино	6	276, 277, 278, 280, 282, 283	1155,783	0,604%	19,22	115,33

Затраты структуры (  $s \cdot D + (k - \text{кем}) \cdot c \cdot \gamma$  )  
кем — количество пустых кластеров

41 461 939 333,67 руб.

Количество КНРЦ 9  
 Общий объём перерабатываемой продукции (тыс.т): 191316,37  
 Среднее расстояние между КНРЦ(км): 598,13  
 Среднее расстояние от КТ до КНРЦ(км): 112,98  
 Суммарное расстояние от КТ до КНРЦ: 6552,55  
 Грузооборот (тыс.т · км нетто): 12262371,11

Таблица Е.2 – Результаты кластеризации для второго уровня КТС по 2 - варианту

ID	Наименование	Кол-во КТ, отнесённых к КНРЦ	ID станций, отнесённых к КНРЦ	Объём переработки (тыс. т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от КТ до КНРЦ (км)	Суммарное расстояние от станций до КНРЦ (км)
8	Пермь-сортир	10	8, 10, 6, 131, 138, 100, 5, 7, 101, 102	26201,71	13,695%	161,04	1610,42
93	Стерлитамак	10	22, 55, 95, 50, 97, 87, 40, 19, 41, 43	27175,22	14,204%	142,43	1424,28
36	Саратов 3	4	29, 28, 36, 33	14782,53	7,727%	132,53	530,13
119	Игумново	7	145, 135, 119, 120, 129, 117, 124	32435,87	16,954%	62,21	435,45
109	Восстание	7	52, 107, 140, 113, 125, 114, 111	23484,27	12,275%	109,08	763,53
15	Круторожино	4	13, 16, 15, 26	11123,64	5,814%	46,52	186,09
104	Чепецкая	5	132, 103, 136, 134, 104	13215,62	6,908%	81,97	409,87
65	Тольятти	6	27, 98, 63, 24, 88, 65	29605,97	15,475%	118,41	710,47
91	Пенза II	5	79, 1, 72, 78, 70	13291,55	6,947%	96,46	482,31

Затраты структуры ( S·D + K·C·γ)

31 702 371 106,78 руб.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**  
(Обязательное)

<i>k</i>	58
Количество пустых <i>k</i>	3
Суммарный объем перевозок(км·тыс.т.)	2797742,41670937
Затраты	41461939333,67 руб.

Таблица Ж.1 - Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ

<i>K</i>	Суммарный объем перевозок (км·тыс. т.)	Затраты
5	25787374,84	36 587 374 844,74 руб.
6	21304321,69	34 264 321 686,40 руб.
7	17822891,62	32 942 891 617,93 руб.
8	14969698,27	32 249 698 266,48 руб.
9	12262371,11	31 702 371 106,78 руб.
10	10920907,94	32 520 907 940,99 руб.
11	9303104,14	33 063 104 136,44 руб.
12	7750946,06	33 670 946 057,05 руб.

**ПРИЛОЖЕНИЕ И**  
(Обязательное)

Количество КТ: 87,00  
 Общий объём перерабатываемой продукции (тыс.т): 191316,37  
 Среднее расстояние между КТ (км): 484,25  
 Среднее расстояние от предприятий до КТ (км): 15,79  
 Суммарное расстояние от предприятий до КТ: 14211,05  
 Грузооборот (тыс. т · км нетто): 2385011,96

Таблица И.1 – Результаты кластеризации для первого уровня КТС по 3 - варианту

ID	Наименование	Кол-во предприятий, отнесённых к КТ	ID предприятий, отнесённых к КТ	Объём переработки (тыс.т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от предприятий до КТ (км)	Суммарное расстояние от предприятий до КТ (км)
1	2	3	4	5	6	7	8
2	Балашов 1	3	828, 837, 838	250,92	0,131%	5,39	16,16
4	Блочная	28	325, 326, 327, 328, 329, 330, 334, 337, 339, 342, 343, 349, 354, 355, 357, 358, 362, 364, 365, 367, 368, 372, 374, 375, 376, 377, 378, 379	9740,94	5,092%	10,53	294,80
6	Березники	7	344, 345, 359, 360, 366, 370, 381	2834,36	1,482%	40,64	284,48
13	Орск	15	568, 569, 573, 574, 576, 580, 586, 590, 591, 600, 604, 618, 628, 631, 633	3450,26	1,803%	26,18	392,65
16	Новотроицк	6	571, 575, 579, 605, 612, 617	2904,96	1,518%	1,74	10,45
19	Оренбург	32	566, 570, 572, 577, 592, 593, 594, 595, 596, 602, 603, 606, 608, 613, 614, 615, 620, 621, 622, 623, 625, 626, 627, 629, 630, 632, 634, 635, 638, 640, 642, 643	5651,35	2,954%	5,74	183,74

Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
24	Бузулук	3	582, 607, 616	1193,61	0,624%	7,20	21,59
25	Учалы	2	16, 53	32,74	0,017%	6,87	13,73
31	Балаково	2	827, 840	327,89	0,171%	3,40	6,80
34	Анисовка	20	811, 815, 816, 818, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 836, 841, 842, 843, 844, 846, 847, 848, 849	9163,45	4,790%	18,43	368,59
38	Трофимовский 2	21	794, 795, 797, 798, 802, 803, 804, 807, 808, 809, 810, 812, 813, 819, 831, 833, 834, 835, 839, 851, 855	2525,91	1,320%	16,76	352,00
40	Белорецк	3	10, 12, 66	321,54	0,168%	5,97	17,91
43	Косяковка	4	28, 36, 37, 41	1977,79	1,034%	12,59	50,35
48	Черниковка	17	2, 3, 4, 18, 20, 30, 34, 52, 63, 65, 68, 71, 72, 73, 75, 76, 87	1787,71	0,934%	16,84	286,34
51	Тихоново	11	154, 167, 186, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 279	1731,55	0,905%	19,50	214,55
52	Круглое Поле	4	187, 189, 195, 211	1556,72	0,814%	15,07	60,27
53	Биклянь	2	168, 207	403,20	0,211%	16,91	33,83
55	Бугульма	4	153, 155, 210, 215	848,08	0,443%	16,69	66,77
59	Кинель	1	789	22,41	0,012%	14,08	14,08
60	Жигулевское море	3	725, 730, 755	1982,42	1,036%	8,42	25,26
63	Безымянка	26	720, 721, 722, 723, 724, 736, 741, 744, 747, 748, 750, 751, 752, 759, 761, 762, 772, 773, 774, 775, 776, 781, 782, 786, 788, 791	5022,52	2,625%	4,96	129,02
64	Химзаводская	13	732, 753, 758, 767, 768, 778, 779, 783, 787, 866, 891, 892, 893	2558,66	1,337%	26,01	338,12
65	Тольятти	3	745, 749, 771	1161,95	0,607%	1,79	5,36
70	Саранск	28	120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 150, 151	3581,87	1,872%	16,13	451,61
87	Аксаково	11	11, 15, 43, 44, 45, 49, 55, 56, 83, 84, 85	820,35	0,429%	38,10	419,08



Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
88	Барыш	16	664, 673, 674, 682, 693, 700, 705, 706, 708, 713, 714, 863, 895, 896, 897, 898	1990,78	1,041%	60,43	966,84
89	Бугуруслан	1	728	76,58	0,040%	19,78	19,78
90	Нижнекамск	8	169, 170, 171, 203, 221, 222, 226, 398	316,53	0,165%	42,55	340,36
91	Пенза II	55	644, 645, 646, 647, 648, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 667, 668, 669, 671, 672, 675, 676, 677, 678, 683, 685, 686, 687, 688, 689, 691, 692, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 701, 702, 703, 704, 707, 709, 710, 711, 712, 715, 716, 717, 718, 719	6373,28	3,331%	8,63	474,61
92	Средневолжская	13	356, 727, 734, 735, 760, 763, 764, 766, 770, 777, 780, 785, 790	1980,29	1,035%	5,14	66,83
93	Стерлитамак	8	24, 25, 26, 27, 29, 39, 40, 80	1853,39	0,969%	3,23	25,85
94	Сызрань I I	6	726, 739, 743, 746, 757, 765	478,40	0,250%	5,98	35,86
95	Туймазы	7	7, 14, 50, 51, 61, 64, 208	342,23	0,179%	12,18	85,26
96	Приютово	0		0,00	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
97	Салават	7	5, 6, 9, 13, 54, 69, 86	2552,12	1,334%	7,82	54,71
98	Ульяновск III	35	857, 858, 859, 860, 861, 862, 864, 865, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 894, 899, 900	12228,54	6,392%	9,75	341,33
107	Йошкар-Ола	18	93, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 112, 113, 114, 115, 116	1837,90	0,961%	10,02	180,35
108	Лагерная	2	224, 225	67,26	0,035%	13,46	26,92
109	Восстание	14	158, 161, 162, 164, 166, 174, 181, 182, 184, 206, 212, 214, 216, 218	2461,09	1,286%	9,47	132,57
114	Чебоксары	31	108, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 318, 320, 322, 323, 324	3658,06	1,912%	9,26	287,15

Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
121	Шахунья	0		0,00	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
127	Ува I	5	281, 285, 286, 402, 436	494,56	0,259%	72,48	362,42
129	Арзамас II	6	556, 557, 558, 563, 564, 565	3145,72	1,644%	3,65	21,91
130	Берецино	0		0,00	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
131	Воткинск	7	265, 266, 267, 268, 269, 270, 287	822,04	0,430%	6,34	44,39
132	Глазов	10	227, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264	537,38	0,281%	1,90	18,97
133	Горький-Автозавод	11	458, 481, 482, 483, 484, 500, 501, 504, 505, 506, 511	811,04	0,424%	57,13	628,42
134	Киров-Котласский	39	382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 403, 404, 407, 408, 409, 419, 421, 422, 423, 427, 429, 431, 432, 433, 438, 439, 440, 441, 443, 444, 446, 450, 452, 453, 455	5531,79	2,891%	10,14	395,29
135	Костариха	31	456, 461, 463, 464, 465, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 486, 487, 510, 516, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 552, 554, 561	6249,37	3,267%	8,01	248,42
136	Котельнич I	2	413, 424	1310,16	0,685%	118,42	236,83
137	Позимь	29	228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 284	4872,46	2,547%	5,62	163,07
139	Слободское	6	397, 428, 430, 437, 442, 454	863,91	0,452%	3,44	20,63
140	Вахитово	20	157, 159, 160, 163, 165, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 183, 185, 204, 209, 217, 219, 223	4724,48	2,469%	12,57	251,48
141	Волжск	19	88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 102, 110, 111, 117, 118, 156, 197, 198, 199, 200, 220, 319	5944,27	3,107%	11,47	217,85
142	Вурнары	1	477	346,09	0,181%	94,36	94,36
143	Моховые Горы	16	457, 462, 466, 528, 529, 531, 532, 533, 536, 539, 551, 553, 555, 559, 560, 562	10556,22	5,518%	10,34	165,38
144	Починки	0		0,00	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00

Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
145	Правдинск	11	460, 478, 491, 492, 493, 494, 498, 503, 508, 509, 512	3325,43	1,738%	16,51	181,57
5	Чусовская	5	331, 346, 348, 350, 380	1122,90	0,587%	19,65	98,26
113	Канаш	4	205, 316, 317, 321	100,65	0,053%	27,47	109,87
79	Пачелма	7	149, 649, 665, 666, 670, 681, 690	941,85	0,492%	49,27	344,90
33	Вольск 2	5	792, 829, 830, 832, 845	1973,71	1,032%	18,12	90,61
61	Новокуйбышевская	8	731, 733, 737, 738, 740, 756, 769, 784	870,86	0,455%	9,32	74,54
15	Круторожино	14	567, 584, 585, 587, 588, 589, 598, 601, 609, 610, 619, 624, 639, 641	4193,12	2,192%	10,69	149,61
103	Яр	5	399, 405, 406, 412, 449	306,33	0,160%	73,82	369,10
123	Красный Узел	1	146	13,00	0,007%	2,09	2,09
104	Чепецкая	17	396, 400, 401, 410, 411, 414, 415, 416, 417, 418, 420, 425, 426, 434, 435, 448, 451	4525,56	2,365%	4,77	81,11
106	Лянгасово	1	447	44,28	0,023%	57,36	57,36
50	Уфа	16	1, 19, 21, 22, 23, 31, 32, 33, 35, 38, 58, 59, 60, 62, 70, 74	8975,92	4,692%	12,91	206,51
102	Балезино	3	276, 277, 278	662,36	0,346%	1,43	4,30
11	Чепца	4	280, 282, 283, 333	981,58	0,513%	39,28	157,13
1	Ртищево 1	4	650, 679, 680, 684	723,23	0,378%	30,94	123,76
115	Нуя	6	119, 121, 148, 313, 314, 315	2070,16	1,082%	44,57	267,43
100	Кама	10	8, 42, 81, 82, 213, 271, 272, 273, 274, 275	274,21	0,143%	29,23	292,29
84	Мелеуз	9	17, 46, 47, 48, 77, 78, 79, 445, 597	1530,40	0,800%	21,48	193,33
119	Игумново	26	479, 485, 488, 489, 490, 495, 499, 502, 507, 514, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 530, 534, 535, 537, 538	6514,21	3,405%	25,73	668,99
57	Новоотрадная	2	729, 754	37,21	0,019%	2,35	4,70
35	Князевка	14	793, 796, 799, 800, 801, 805, 806, 814, 817, 850, 852, 853, 854, 856	791,57	0,414%	6,09	85,31
138	Сайгатка	1	352	10,00	0,005%	0,85	0,85

Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
54	Кульшарипово	3	152, 201, 202	243,52	0,127%	9,70	29,09
7	Углеуральская	3	336, 351, 361	1812,83	0,948%	15,40	46,19
9	Осенцы	11	332, 335, 338, 340, 341, 347, 353, 363, 369, 371, 373	2689,50	1,406%	15,40	169,39
66	Октябрьск	1	742	1,74	0,001%	0,88	0,88
22	Новосергиевская	2	581, 583	238,10	0,124%	21,53	43,07
17	Кувандык	7	57, 67, 578, 599, 611, 636, 637	575,30	0,301%	35,78	250,47
117	Навашино	8	459, 475, 476, 480, 496, 497, 513, 515	1487,80	0,778%	17,87	142,96
27	Пугачевск	0		0,00	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00

Затраты на структуру ( $s \cdot P + (k - k_{em} \cdot c \cdot \rho)$ )

29 160 095 667,71 руб.

$k = 29$

$k_{em}$  — количество пустых КТ

Количество КНРЦ	8,00
Общий объём перерабатываемой продукции (тыс.т):	191316,37
Среднее расстояние между КНРЦ (км):	582,98
Среднее расстояние от КТ до КНРЦ (км):	126,04
Суммарное расстояние от КТ до КНРЦ:	10965,30
Грузооборот (тыс. т · км нетто):	15050665,38

Таблица И.2 – Результаты кластеризации для второго уровня КТС по 3 - варианту

ID	Наименование	Кол-во КТ, отнесённых к КНРЦ	ID станций, отнесённых к КНРЦ	Объём переработки (тыс.т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от КТ до КНРЦ (км)	Суммарное расстояние от станций до КНРЦ (км)
38	Трофимовский 2	10	2, 31, 34, 38, 91, 79, 33, 1, 35, 27	23071,80	12,060%	126,88	1268,83
17	Кувандык	6	13, 16, 19, 15, 22, 17	17013,08	8,893%	113,21	679,29
49	Дема	14	25, 40, 43, 48, 55, 87, 89, 93, 95, 96, 97, 50, 100, 84	21393,04	11,182%	150,05	2100,68
104	Чепецкая	9	121, 127, 132, 134, 136, 139, 103, 104, 106	13613,96	7,116%	100,92	908,24
109	Восстание	13	51, 52, 53, 90, 107, 108, 109, 114, 140, 141, 142, 113, 54	23391,31	12,227%	115,55	1502,17
98	Ульяновск III	16	24, 59, 60, 63, 64, 65, 70, 88, 92, 94, 98, 61, 123, 115, 57, 66	35194,42	18,396%	154,31	2468,90
8	Пермь-сортир	11	4, 6, 131, 137, 144, 5, 102, 11, 138, 7, 9	25548,97	13,354%	138,50	1523,47
119	Игумново	8	129, 130, 133, 135, 143, 145, 119, 117	32089,78	16,773%	64,22	513,72

Затраты на проект( $S \cdot D + C \cdot K \cdot \gamma$ )

32 330 665 382,94 руб.

**ПРИЛОЖЕНИЕ К**  
**(Обязательное)**

<i>k</i>	87
Количество пустых <i>k</i>	0
Суммарный объем перевозок (км·тыс. т.)	2385011,958
Затраты	29160095667,7094

Таблица К.1 - Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ

<i>K</i>	Суммарный объем перевозок(км·тыс.т.)	Затраты
5	25810529,59	36 610 529 594,77 руб.
6	21408335,19	34 368 335 187,63 руб.
7	17928500,22	33 048 500 218,35 руб.
8	15050665,38	32 330 665 382,94 руб.
9	12993593,00	32 433 592 997,71 руб.
10	11297151,45	32 897 151 454,89 руб.
11	9715993,88	33 475 993 883,10 руб.
12	8147843,20	34 067 843 200,32 руб.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Л**  
(Обязательное)

Количество КТ:	43,00
Общий объём перерабатываемой продукции (тыс.т):	191316,37
Среднее расстояние между КТ (км):	493,24
Среднее расстояние от предприятий до КТ (км):	21,70
Суммарное расстояние от предприятий до КТ:	19530,52
Грузооборот (тыс. т · км нетто):	3131395,20

Таблица Л.1 – Результаты кластеризации для первого уровня КТС по 4 - варианту

ID	Наименование	Кол-во предприятий, отнесённых к КТ	ID предприятий, отнесённых к КТ	Объём переработки (тыс.т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от предприятий до КТ (км)	Суммарное расстояние от предприятий до КТ (км)
1	2	3	4	5	6	7	8
33	Вольск 2	7	792, 827, 829, 830, 832, 840, 845	2301,60	1,203%	22,38	156,63
40	Белорецк	5	10, 12, 16, 53, 66	354,27	0,185%	35,18	175,88
98	Ульяновск III	36	205, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 864, 865, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 894, 899, 900	12231,93	6,394%	11,60	417,71
65	Тольятти	26	725, 726, 730, 732, 739, 742, 743, 745, 746, 749, 753, 755, 757, 758, 765, 767, 768, 771, 778, 779, 783, 787, 866, 891, 892, 893	6183,17	3,232%	38,44	999,45
109	Восстание	15	158, 161, 162, 164, 166, 174, 181, 182, 184, 206, 212, 214, 216, 218, 224	2489,23	1,301%	9,45	141,79
24	Бузулук	3	582, 607, 616	1193,61	0,624%	7,20	21,59

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Березники	9	336, 344, 345, 351, 359, 360, 366, 370, 381	3987,19	2,084%	42,82	385,41
136	Котельнич I	2	413, 424	1310,16	0,685%	118,42	236,83
117	Навашино	8	459, 475, 476, 480, 496, 497, 513, 515	1487,80	0,778%	17,87	142,96
104	Чепецкая	25	396, 397, 400, 401, 402, 410, 411, 414, 415, 416, 417, 418, 420, 425, 426, 428, 430, 434, 435, 437, 442, 448, 449, 451, 454	5533,82	2,892%	17,53	438,34
115	Нуя	6	119, 121, 148, 313, 314, 315	2070,16	1,082%	44,57	267,43
50	Уфа	37	1, 2, 3, 4, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 49, 52, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 83, 84, 87	10920,58	5,708%	25,58	946,45
54	Кульшарипово	5	152, 201, 202, 207, 210	585,87	0,306%	23,13	115,65
81	Подбельская	3	728, 729, 754	113,79	0,059%	33,74	101,21
19	Оренбург	35	566, 570, 572, 577, 581, 583, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 602, 603, 606, 608, 613, 614, 615, 620, 621, 622, 623, 625, 626, 627, 629, 630, 632, 634, 635, 638, 640, 642, 643	5914,86	3,092%	12,76	446,59
119	Игумново	34	479, 485, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 499, 502, 503, 507, 508, 509, 512, 514, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 530, 534, 535, 537, 538	9435,95	4,932%	28,14	956,88
135	Костариха	30	456, 460, 461, 463, 464, 465, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 478, 486, 516, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 552, 554	6170,72	3,225%	7,34	220,25
42	Аллагуват	29	5, 6, 9, 13, 17, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 36, 37, 39, 40, 41, 46, 47, 48, 54, 55, 56, 69, 77, 78, 79, 80, 86, 445	7932,78	4,146%	37,10	1075,89
88	Барыш	14	664, 673, 674, 682, 693, 700, 705, 706, 708, 713, 714, 863, 895, 897	1175,13	0,614%	62,21	870,89
143	Моховые Горы	19	457, 458, 462, 466, 481, 498, 504, 505, 506, 528, 529, 531, 532, 533, 536, 539, 551, 553, 555	10936,30	5,716%	29,40	558,55
79	Пачелма	6	649, 665, 666, 670, 681, 690	921,69	0,482%	43,25	259,49



Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Пермь-сортир	40	325, 326, 327, 328, 329, 330, 332, 333, 334, 335, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 347, 349, 353, 354, 355, 357, 358, 362, 363, 364, 365, 367, 368, 369, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379	12918,59	6,752%	16,05	642,15
132	Глазов	20	227, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 276, 277, 278, 280, 282, 283, 399, 405, 406, 412	1951,34	1,020%	32,88	657,69
137	Позимь	48	8, 42, 81, 82, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 284, 285, 286, 287, 352	6256,19	3,270%	28,63	1374,15
107	Йошкар-Ола	19	93, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 436	1857,71	0,971%	17,04	323,85
5	Чусовская	6	331, 346, 348, 350, 361, 380	1782,90	0,932%	27,08	162,49
114	Чебоксары	34	108, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 316, 317, 318, 320, 321, 322, 323, 324	3755,31	1,963%	14,00	475,93
95	Туймазы	15	7, 11, 14, 43, 44, 45, 50, 51, 61, 64, 85, 153, 155, 208, 215	1732,05	0,905%	37,04	555,55
70	Саранск	26	122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 150, 151	3351,38	1,752%	8,75	227,55
72	Пенза	55	644, 645, 646, 647, 648, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 667, 668, 669, 671, 672, 675, 676, 677, 678, 683, 685, 686, 687, 688, 689, 691, 692, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 701, 702, 703, 704, 707, 709, 710, 711, 712, 715, 716, 717, 718, 719	6373,28	3,331%	8,63	474,60
1	Ртищево 1	7	650, 679, 680, 684, 828, 837, 838	974,15	0,509%	59,10	413,68
78	Торбеево	4	120, 145, 147, 149	263,65	0,138%	27,12	108,47

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8
129	Арзамас II	6	556, 557, 558, 563, 564, 565	3145,72	1,644%	3,65	21,91
51	Тихоново	24	154, 167, 168, 169, 170, 171, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 211, 213, 221, 226, 279, 281, 398	3804,50	1,989%	34,58	829,98
36	Саратов 3	55	793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 831, 833, 834, 835, 836, 839, 841, 842, 843, 844, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856	12480,93	6,524%	15,63	859,88
10	Дружинино	0		0,00	0,000%	#ЧИСЛО!	0,00
118	Зелецино	13	477, 482, 483, 484, 487, 500, 501, 510, 511, 559, 560, 561, 562	1259,40	0,658%	35,46	460,92
111	Зеленый дол	20	88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 102, 110, 111, 117, 118, 156, 197, 198, 199, 200, 220, 225, 319	5983,39	3,127%	14,38	287,58
140	Вахитово	22	157, 159, 160, 163, 165, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 183, 185, 203, 204, 209, 217, 219, 222, 223	4763,83	2,490%	20,76	456,74
134	Киров-Котласский	40	382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 403, 404, 407, 408, 409, 419, 421, 422, 423, 427, 429, 431, 432, 433, 438, 439, 440, 441, 443, 444, 446, 447, 450, 452, 453, 455	5576,07	2,915%	11,60	464,10
80	Чуфарово	2	896, 898	815,65	0,426%	8,72	17,43

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8
63	Безымянка	48	356, 720, 721, 722, 723, 724, 727, 731, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 740, 741, 744, 747, 748, 750, 751, 752, 756, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 766, 769, 770, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 780, 781, 782, 784, 785, 786, 788, 789, 790, 791	7896,08	4,127%	9,71	466,02
15	Круторожино	42	57, 67, 567, 568, 569, 571, 573, 574, 575, 576, 578, 579, 580, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 598, 599, 600, 601, 604, 605, 609, 610, 611, 612, 617, 618, 619, 624, 628, 631, 633, 636, 637, 639, 641	11123,64	5,814%	31,29	1313,97

Затраты структуры( $s \cdot D + (k - kem) \cdot c \cdot \gamma$ )

40 171 161 568,70 руб.

$kem$  — количество пустых кластеров

Количество КНРЦ 8,00  
 Общий объём перерабатываемой продукции (тыс.т): 191316,37  
 Среднее расстояние между КНРЦ (км): 601,54  
 Среднее расстояние от КТ до КНРЦ (км): 114,06  
 Суммарное расстояние от КТ до КНРЦ: 4904,71  
 Грузооборот (тыс. т · км нетто): 14290903,62

Таблица Л.2 – Результаты кластеризации для второго уровня КТС по 4 - варианту

ID	Наименование	Кол-во КТ, отнесённых к КНРЦ	ID станций, отнесённых к КНРЦ	Объём переработки (тыс.т)	% от общего объёма	Среднее расстояние от КТ до КНРЦ (км)	Суммарное расстояние от станций до КНРЦ (км)
104	Чепецкая	4	136, 104, 132, 134	14371,40	7,512%	70,74	282,96
109	Восстание	7	109, 54, 107, 114, 51, 111, 140	23239,83	12,147%	97,73	684,10
8	Пермь-сортир	5	6, 8, 137, 5, 10	24944,88	13,039%	144,64	723,19
38	Трофимовский 2	5	33, 79, 72, 1, 36	23051,64	12,049%	141,10	705,50
15	Круторожино	1	15	11123,64	5,814%	0,00	0,00
65	Тольятти	7	98, 65, 24, 81, 88, 80, 63	29609,36	15,477%	119,39	835,76
93	Стерлитамак	5	40, 50, 19, 42, 95	26854,55	14,037%	139,31	696,54
118	Зелецино	9	117, 115, 119, 135, 143, 70, 78, 129, 118	38121,07	19,926%	108,52	976,66

Затраты структуры( $S \cdot D + C \cdot K \cdot \gamma$ ) 31 570 903 622,60 руб.

Общие затраты двух уровней 71 742 065 191,31 руб.

**ПРИЛОЖЕНИЕ М**  
(Обязательное)

Таблица М.1 – Результаты расчетов затрат для подоптимальных структур сети КТ и КНРЦ

<i>k</i>	Количество пустых <i>k</i>	<i>K</i>	Затраты на КТ	Затраты на КНРЦ	Суммарные затраты
35	1	5	41 835 862 997,97 руб.	36 290 096 395,44 руб.	78 125 959 393,41 руб.
36	0	5	41 654 569 543,03 руб.	35 917 601 961,82 руб.	77 572 171 504,84 руб.
37	1	5	41 699 736 113,20 руб.	36 404 915 537,02 руб.	78 104 651 650,22 руб.
38	0	5	41 757 340 399,19 руб.	36 358 248 296,36 руб.	78 115 588 695,55 руб.
39	0	5	41 550 773 416,41 руб.	36 354 754 961,95 руб.	77 905 528 378,36 руб.
40	0	5	41 122 209 033,78 руб.	36 326 619 442,02 руб.	77 448 828 475,80 руб.
41	0	5	41 081 478 270,54 руб.	36 221 459 505,00 руб.	77 302 937 775,54 руб.
42	2	5	40 744 447 739,01 руб.	36 246 817 152,35 руб.	76 991 264 891,35 руб.
43	2	5	41 257 409 442,31 руб.	36 457 595 247,47 руб.	77 715 004 689,77 руб.
44	2	5	41 351 215 778,32 руб.	36 489 739 945,31 руб.	77 840 955 723,63 руб.
45	1	5	41 319 914 414,80 руб.	36 258 186 063,38 руб.	77 578 100 478,18 руб.
46	0	5	42 026 077 406,13 руб.	36 256 840 878,00 руб.	78 282 918 284,14 руб.
47	1	5	40 747 022 818,83 руб.	36 526 810 182,79 руб.	77 273 833 001,63 руб.
48	2	5	41 118 241 577,25 руб.	36 629 305 327,02 руб.	77 747 546 904,27 руб.
49	1	5	41 814 064 624,70 руб.	35 972 181 989,76 руб.	77 786 246 614,46 руб.
50	3	5	40 798 328 145,79 руб.	36 384 914 506,68 руб.	77 183 242 652,46 руб.
51	1	5	41 459 169 631,90 руб.	36 403 551 426,19 руб.	77 862 721 058,08 руб.
52	1	5	41 882 323 498,48 руб.	36 359 643 037,37 руб.	78 241 966 535,85 руб.
53	2	5	41 682 912 166,70 руб.	36 521 043 558,41 руб.	78 203 955 725,12 руб.
54	1	5	41 724 497 737,33 руб.	36 476 376 980,77 руб.	78 200 874 718,11 руб.
55	0	5	41 978 463 981,11 руб.	36 571 435 249,19 руб.	78 549 899 230,30 руб.
35	1	6	41 666 333 262,95 руб.	33 602 832 995,10 руб.	75 269 166 258,05 руб.
36	0	6	41 748 975 700,83 руб.	34 226 776 400,09 руб.	75 975 752 100,92 руб.
37	0	6	41 590 508 283,80 руб.	34 328 999 856,42 руб.	75 919 508 140,22 руб.

Продолжение таблицы М.1

<i>k</i>	Количество пустых <i>k</i>	<i>K</i>	Затраты на КТ	Затраты на КНРЦ	Суммарные затраты
38	0	6	41 541 083 070,35 руб.	34 074 651 666,27 руб.	75 615 734 736,62 руб.
39	0	6	40 517 960 426,66 руб.	34 315 708 295,94 руб.	74 833 668 722,60 руб.
40	0	6	41 488 244 038,99 руб.	34 347 446 942,44 руб.	75 835 690 981,43 руб.
41	0	6	41 515 320 851,27 руб.	34 524 594 647,48 руб.	76 039 915 498,75 руб.
42	1	6	41 217 387 204,72 руб.	34 289 266 861,66 руб.	75 506 654 066,37 руб.
43	0	6	41 827 411 253,46 руб.	34 256 774 592,97 руб.	76 084 185 846,44 руб.
44	1	6	41 030 627 499,79 руб.	33 684 542 510,90 руб.	74 715 170 010,69 руб.
45	1	6	41 036 188 427,66 руб.	34 218 599 452,46 руб.	75 254 787 880,12 руб.
46	0	6	41 111 151 300,87 руб.	34 128 590 951,63 руб.	75 239 742 252,50 руб.
47	1	6	41 770 052 974,72 руб.	34 067 206 190,56 руб.	75 837 259 165,28 руб.
48	1	6	40 386 628 800,42 руб.	34 275 648 098,03 руб.	74 662 276 898,45 руб.
49	1	6	40 404 656 802,17 руб.	34 158 490 486,07 руб.	74 563 147 288,24 руб.
50	1	6	41 696 431 978,77 руб.	34 137 305 592,54 руб.	75 833 737 571,30 руб.
51	0	6	41 728 428 799,17 руб.	34 313 246 059,66 руб.	76 041 674 858,82 руб.
52	3	6	41 170 985 285,04 руб.	34 321 903 227,19 руб.	75 492 888 512,23 руб.
53	2	6	41 130 682 112,45 руб.	34 228 361 958,78 руб.	75 359 044 071,23 руб.
54	2	6	41 062 351 238,46 руб.	34 396 167 814,58 руб.	75 458 519 053,05 руб.
55	1	6	42 379 771 395,49 руб.	34 162 403 814,80 руб.	76 542 175 210,29 руб.
35	1	7	41 999 266 813,86 руб.	32 799 460 540,76 руб.	74 798 727 354,62 руб.
36	0	7	41 790 440 603,40 руб.	32 810 892 681,62 руб.	74 601 333 285,02 руб.
37	0	7	40 937 403 422,77 руб.	32 394 816 826,86 руб.	73 332 220 249,64 руб.
38	0	7	41 268 619 813,37 руб.	32 722 362 689,27 руб.	73 990 982 502,64 руб.
39	0	7	41 488 370 938,83 руб.	32 591 254 527,95 руб.	74 079 625 466,78 руб.
40	0	7	40 716 688 602,13 руб.	32 743 176 162,64 руб.	73 459 864 764,77 руб.
41	1	7	41 078 177 537,31 руб.	33 080 247 693,48 руб.	74 158 425 230,78 руб.
42	2	7	40 595 876 658,53 руб.	32 933 884 082,32 руб.	73 529 760 740,85 руб.
43	0	7	41 115 926 135,84 руб.	32 781 781 952,30 руб.	73 897 708 088,14 руб.

Продолжение таблицы М.1

<i>k</i>	Количество пустых <i>k</i>	<i>K</i>	Затраты на КТ	Затраты на КНРЦ	Суммарные затраты
44	0	7	41 115 910 102,56 руб.	32 503 698 098,04 руб.	73 619 608 200,60 руб.
45	0	7	40 481 769 400,59 руб.	32 828 547 992,95 руб.	73 310 317 393,54 руб.
46	1	7	41 134 634 309,79 руб.	32 689 381 759,28 руб.	73 824 016 069,06 руб.
47	1	7	40 987 392 161,87 руб.	32 717 455 717,67 руб.	73 704 847 879,55 руб.
48	2	7	41 250 730 971,97 руб.	32 917 669 068,40 руб.	74 168 400 040,37 руб.
49	0	7	41 319 019 443,01 руб.	32 823 033 683,95 руб.	74 142 053 126,95 руб.
50	2	7	41 511 541 631,30 руб.	33 184 518 189,54 руб.	74 696 059 820,84 руб.
51	0	7	41 717 054 128,68 руб.	32 977 235 972,08 руб.	74 694 290 100,76 руб.
52	3	7	41 035 017 421,88 руб.	33 071 922 825,51 руб.	74 106 940 247,39 руб.
53	1	7	41 253 582 208,45 руб.	32 724 781 919,36 руб.	73 978 364 127,81 руб.
54	2	7	41 900 264 473,55 руб.	32 690 667 833,88 руб.	74 590 932 307,43 руб.
55	2	7	41 754 655 254,60 руб.	32 850 865 844,66 руб.	74 605 521 099,26 руб.
35	0	8	40 937 281 248,92 руб.	31 875 366 166,35 руб.	72 812 647 415,27 руб.
36	1	8	41 498 585 818,79 руб.	31 379 178 838,90 руб.	72 877 764 657,70 руб.
37	0	8	40 566 823 486,51 руб.	31 588 868 194,18 руб.	72 155 691 680,68 руб.
38	0	8	41 956 999 333,69 руб.	31 784 299 833,36 руб.	73 741 299 167,05 руб.
39	0	8	41 050 232 176,05 руб.	31 336 293 321,85 руб.	72 386 525 497,90 руб.
40	1	8	41 051 173 632,34 руб.	31 888 323 124,73 руб.	72 939 496 757,07 руб.
41	1	8	41 102 914 777,97 руб.	31 689 177 270,53 руб.	72 792 092 048,50 руб.
42	1	8	41 350 365 464,68 руб.	31 859 835 764,91 руб.	73 210 201 229,60 руб.
43	1	8	40 171 161 568,70 руб.	31 570 903 622,60 руб.	71 742 065 191,31 руб.
44	0	8	41 046 555 126,54 руб.	32 096 956 493,03 руб.	73 143 511 619,57 руб.
45	1	8	41 059 272 671,46 руб.	31 808 941 308,36 руб.	72 868 213 979,82 руб.
46	0	8	41 514 529 629,18 руб.	31 724 506 598,08 руб.	73 239 036 227,26 руб.
47	3	8	40 947 526 899,68 руб.	31 897 759 467,78 руб.	72 845 286 367,46 руб.
48	0	8	40 754 839 271,15 руб.	31 707 790 566,76 руб.	72 462 629 837,90 руб.
49	2	8	41 389 231 592,39 руб.	31 710 382 486,57 руб.	73 099 614 078,96 руб.

Продолжение таблицы М.1

<i>k</i>	Количество пустых <i>k</i>	<i>K</i>	Затраты на КТ	Затраты на КНРЦ	Суммарные затраты
50	1	8	41 294 334 457,30 руб.	31 445 747 434,36 руб.	72 740 081 891,66 руб.
51	1	8	42 063 429 414,59 руб.	31 939 270 943,15 руб.	74 002 700 357,75 руб.
52	1	8	41 729 407 451,94 руб.	31 729 416 757,14 руб.	73 458 824 209,08 руб.
53	2	8	41 158 301 333,78 руб.	31 962 989 272,08 руб.	73 121 290 605,87 руб.
54	2	8	42 146 141 013,99 руб.	31 633 282 335,70 руб.	73 779 423 349,70 руб.
55	1	8	41 824 316 401,80 руб.	31 794 528 043,51 руб.	73 618 844 445,31 руб.
35	0	9	41 177 243 239,08 руб.	31 391 075 682,96 руб.	72 568 318 922,04 руб.
36	0	9	41 527 282 865,31 руб.	31 717 020 398,55 руб.	73 244 303 263,86 руб.
37	0	9	40 786 308 499,50 руб.	31 796 730 508,34 руб.	72 583 039 007,84 руб.
38	0	9	41 772 885 935,99 руб.	31 688 057 434,52 руб.	73 460 943 370,50 руб.
39	1	9	40 014 192 166,38 руб.	31 725 180 539,92 руб.	71 739 372 706,30 руб.
40	0	9	40 940 396 598,35 руб.	31 825 344 420,91 руб.	72 765 741 019,26 руб.
41	0	9	41 679 845 125,96 руб.	32 181 959 165,97 руб.	73 861 804 291,93 руб.
42	0	9	42 046 224 571,66 руб.	32 112 086 638,34 руб.	74 158 311 210,00 руб.
43	2	9	40 926 478 259,58 руб.	31 282 648 560,94 руб.	72 209 126 820,52 руб.
44	2	9	40 974 162 054,06 руб.	31 593 476 852,33 руб.	72 567 638 906,40 руб.
45	1	9	41 449 963 895,86 руб.	31 653 082 554,15 руб.	73 103 046 450,01 руб.
46	2	9	40 277 500 608,85 руб.	31 818 018 511,23 руб.	72 095 519 120,08 руб.
47	2	9	40 998 807 878,06 руб.	31 822 018 583,20 руб.	72 820 826 461,26 руб.
48	0	9	41 200 459 618,84 руб.	31 964 772 627,76 руб.	73 165 232 246,60 руб.
49	0	9	41 533 032 504,45 руб.	32 349 775 840,93 руб.	73 882 808 345,38 руб.
50	1	9	41 261 118 649,65 руб.	31 973 862 932,00 руб.	73 234 981 581,66 руб.
51	0	9	41 562 311 661,07 руб.	31 953 997 612,35 руб.	73 516 309 273,42 руб.
52	1	9	41 506 435 541,49 руб.	31 739 025 284,49 руб.	73 245 460 825,98 руб.
53	3	9	41 017 154 761,26 руб.	32 018 563 117,37 руб.	73 035 717 878,64 руб.
54	1	9	41 527 614 411,52 руб.	32 004 986 801,05 руб.	73 532 601 212,57 руб.
55	2	9	41 338 972 898,96 руб.	31 895 483 811,21 руб.	73 234 456 710,17 руб.



Продолжение таблицы М.1

<i>k</i>	Количество пустых <i>k</i>	<i>K</i>	Затраты на КТ	Затраты на КНРЦ	Суммарные затраты
35	0	10	41 482 993 059,57 руб.	31 986 936 823,23 руб.	73 469 929 882,80 руб.
36	0	10	41 955 395 782,50 руб.	32 106 970 754,18 руб.	74 062 366 536,68 руб.
37	0	10	41 254 999 997,00 руб.	31 803 008 412,49 руб.	73 058 008 409,49 руб.
38	0	10	41 686 623 093,93 руб.	32 459 320 792,11 руб.	74 145 943 886,04 руб.
39	0	10	41 084 508 624,43 руб.	32 198 294 297,55 руб.	73 282 802 921,98 руб.
40	0	10	41 229 080 650,65 руб.	32 195 505 415,40 руб.	73 424 586 066,06 руб.
41	0	10	41 587 133 797,93 руб.	32 073 576 091,61 руб.	73 660 709 889,55 руб.
42	0	10	40 970 573 277,52 руб.	31 928 323 182,26 руб.	72 898 896 459,77 руб.
43	0	10	41 543 609 625,03 руб.	32 724 509 500,66 руб.	74 268 119 125,69 руб.
44	1	10	41 450 752 012,75 руб.	32 498 862 205,85 руб.	73 949 614 218,60 руб.
45	0	10	41 726 668 409,49 руб.	32 081 632 025,61 руб.	73 808 300 435,10 руб.
46	1	10	40 944 062 010,58 руб.	32 323 972 848,18 руб.	73 268 034 858,76 руб.
47	1	10	41 486 309 497,06 руб.	32 257 627 081,21 руб.	73 743 936 578,27 руб.
48	1	10	41 318 443 308,67 руб.	32 312 208 930,80 руб.	73 630 652 239,48 руб.
49	1	10	40 853 643 700,58 руб.	32 208 810 969,61 руб.	73 062 454 670,18 руб.
50	2	10	40 937 013 838,00 руб.	32 585 491 355,19 руб.	73 522 505 193,18 руб.
51	1	10	42 235 634 912,29 руб.	32 162 019 678,61 руб.	74 397 654 590,90 руб.
52	2	10	41 200 464 697,07 руб.	32 295 498 599,31 руб.	73 495 963 296,38 руб.
53	0	10	42 140 590 108,49 руб.	32 182 970 292,49 руб.	74 323 560 400,98 руб.
54	2	10	41 768 675 120,27 руб.	32 318 369 350,23 руб.	74 087 044 470,49 руб.
55	1	10	42 140 630 414,83 руб.	32 324 820 546,55 руб.	74 465 450 961,39 руб.
35	1	11	41 333 843 890,80 руб.	32 462 016 793,80 руб.	73 795 860 684,60 руб.
36	1	11	40 909 420 619,87 руб.	32 450 455 721,73 руб.	73 359 876 341,59 руб.
37	1	11	41 463 437 413,18 руб.	32 890 968 612,69 руб.	74 354 406 025,87 руб.
38	1	11	40 797 300 068,58 руб.	32 321 294 484,71 руб.	73 118 594 553,29 руб.
39	0	11	41 380 108 312,39 руб.	32 755 263 177,76 руб.	74 135 371 490,15 руб.
40	0	11	41 206 437 945,91 руб.	32 107 986 335,84 руб.	73 314 424 281,74 руб.

Продолжение таблицы М.1

<i>k</i>	Количество пустых <i>k</i>	<i>K</i>	Затраты на КТ	Затраты на КНРЦ	Суммарные затраты
41	0	11	41 500 739 303,49 руб.	32 790 960 203,46 руб.	74 291 699 506,95 руб.
42	1	11	40 818 790 079,15 руб.	32 768 193 899,17 руб.	73 586 983 978,32 руб.
43	3	11	40 262 652 897,18 руб.	33 001 318 542,01 руб.	73 263 971 439,19 руб.
44	1	11	40 921 946 495,45 руб.	33 018 149 851,98 руб.	73 940 096 347,44 руб.
45	3	11	41 110 918 415,49 руб.	32 768 409 855,01 руб.	73 879 328 270,50 руб.
46	2	11	40 979 862 033,02 руб.	32 752 656 295,45 руб.	73 732 518 328,47 руб.
47	1	11	40 500 249 224,51 руб.	32 849 710 115,23 руб.	73 349 959 339,74 руб.
48	1	11	41 517 355 646,50 руб.	32 957 289 039,57 руб.	74 474 644 686,07 руб.
49	0	11	42 146 648 759,30 руб.	32 619 076 960,63 руб.	74 765 725 719,94 руб.
50	1	11	40 860 873 889,28 руб.	32 679 003 027,25 руб.	73 539 876 916,53 руб.
51	3	11	41 294 048 345,75 руб.	32 785 105 040,36 руб.	74 079 153 386,11 руб.
52	0	11	41 589 880 203,02 руб.	32 929 594 536,71 руб.	74 519 474 739,73 руб.
53	2	11	41 919 567 435,03 руб.	33 024 933 554,30 руб.	74 944 500 989,32 руб.
54	4	11	41 540 222 953,55 руб.	33 293 517 040,30 руб.	74 833 739 993,85 руб.
55	1	11	41 850 201 944,05 руб.	32 950 607 624,46 руб.	74 800 809 568,51 руб.
35	1	12	41 547 812 793,18 руб.	33 728 236 803,14 руб.	75 276 049 596,32 руб.
36	0	12	41 664 123 623,41 руб.	32 646 873 542,48 руб.	74 310 997 165,89 руб.
37	0	12	41 381 583 981,13 руб.	33 087 562 465,95 руб.	74 469 146 447,07 руб.
38	0	12	41 926 248 488,90 руб.	33 381 669 993,53 руб.	75 307 918 482,43 руб.
39	1	12	39 751 352 582,84 руб.	33 296 268 298,46 руб.	73 047 620 881,29 руб.
40	0	12	40 619 698 800,02 руб.	33 573 726 472,04 руб.	74 193 425 272,06 руб.
41	1	12	40 841 986 994,66 руб.	32 855 509 134,55 руб.	73 697 496 129,21 руб.
42	1	12	40 861 103 152,78 руб.	33 299 181 450,44 руб.	74 160 284 603,22 руб.
43	0	12	41 977 878 672,96 руб.	33 614 213 928,16 руб.	75 592 092 601,12 руб.
44	2	12	41 183 443 326,76 руб.	33 444 115 553,98 руб.	74 627 558 880,74 руб.
45	1	12	41 042 648 178,75 руб.	33 549 629 764,73 руб.	74 592 277 943,48 руб.
46	1	12	41 252 379 587,08 руб.	33 197 486 212,78 руб.	74 449 865 799,86 руб.

Продолжение таблицы М.1

<i>k</i>	Количество пустых <i>k</i>	<i>K</i>	Затраты на КТ	Затраты на КНРЦ	Суммарные затраты
47	1	12	40 912 947 286,30 руб.	33 328 087 317,61 руб.	74 241 034 603,91 руб.
48	0	12	41 326 645 695,44 руб.	33 313 375 556,55 руб.	74 640 021 251,99 руб.
49	0	12	41 638 717 181,38 руб.	34 042 977 936,43 руб.	75 681 695 117,81 руб.
50	1	12	41 531 141 996,15 руб.	33 711 922 976,37 руб.	75 243 064 972,52 руб.
51	4	12	40 838 816 274,08 руб.	33 512 575 586,63 руб.	74 351 391 860,71 руб.
52	3	12	41 237 530 483,55 руб.	33 508 729 295,96 руб.	74 746 259 779,51 руб.
53	1	12	42 031 372 894,47 руб.	33 398 076 229,35 руб.	75 429 449 123,81 руб.
54	3	12	41 540 825 007,30 руб.	33 603 301 664,72 руб.	75 144 126 672,02 руб.
55	2	12	40 882 922 677,93 руб.	33 638 880 898,79 руб.	74 521 803 576,71 руб.