

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Учебное пособие

Осьминин А.Т.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ
ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ)

*Рекомендовано
Управлением учебных заведений и правового обеспечения
Федерального агентства железнодорожного транспорта
в качестве учебного пособия для студентов вузов
железнодорожного транспорта*

Москва
2007

УДК 656.21:338.364
ББК 39.213
О79

Р е ц е н з е н т ы: заместитель директора ГУП ВНИИАСа, д-р техн. наук, проф.
В.А. Шаров; заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой»
РГOTУПСа, д-р техн. наук, проф. *В.И. Апатцев*

Осьминин А.Т.

О79 Автоматизированное проектирование железнодорожных станций (на примере грузовых станций общего пользования): Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. — М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. — 62 с.

ISBN 978-5-89035-421-1

В учебном пособии рассмотрен алгоритм выбора рациональных схем станций, основанный на процедуре оптимизации по Парето. Приведен пример реализации данного алгоритма для грузовых станций общего пользования. Раскрыты возможности разработанной системы и предлагаемого подхода для решения практических задач при строительстве новых и реконструкции существующих станций. Рассмотрены пути развития САПР станций.

Учебное пособие может быть использовано студентами транспортных вузов при разработке дипломных и курсовых проектов и для более глубокого изучения дисциплины «Железнодорожные станции и узлы, САПР станций». Пособие привлечет внимание инженеров-проектировщиков, научных работников, специализирующихся в области проектирования станций и узлов, исследователей, занимающихся вопросами разработки и применения САПР.

УДК 656.21:338.364
ББК 39.213

ISBN 978-5-89035-421-1

© Осьминин А.Т., 2007
© ГОУ «Учебно-методический центр
по образованию на железнодорожном
транспорте», 2007

ВВЕДЕНИЕ

Любая железнодорожная станция, как сложная система, состоит из основных элементов, главный из которых — парк путей. Его компоновка в виде определенной схемы является технологической основой работы станции.

В настоящее время проект станции разрабатывается в соответствии с Правилами и техническими нормами проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм и другими нормативными документами. На предварительном этапе схемы станций намечают исходя из предполагаемых объемов работы и местных условий, которые решающим образом влияют на выбор той или иной схемы путевого развития. На основании сравнения отобранных вариантов схем принимается окончательное решение. При этом оценка производится путем сравнения технико-экономических показателей разрабатываемых вариантов с наиболее экономичными из числа ранее запроектированных или уже построенных станционных объектов. Основным критерием оценки служат приведенные затраты.

Однако, при принятом способе проектирования нельзя предварительно оценить возможные проектные решения, так как существующие способы исчисления приведенных затрат в начале проектирования не обеспечивают точности, позволяющей сделать обоснованные выводы. Подробный технико-экономический анализ возможен только на завершающей стадии, когда составлены все сметные документы. Естественно, что на этом этапе проектирования технико-экономическая оценка не может повлиять на выбор проектного решения. В этих условиях нет возможности проанализировать достаточно большое число возможных вариантов схем, поэтому их отбор осуществляется главным образом интуитивно. Экономический же анализ сводится к обоснованию ранее принятых и доведенных до стадии рабочего проекта вариантов схемы станции.

Наличие единственного критерия сопоставления схем ведет зачастую к неправильной оценке того или иного фактора, который при определенных обстоятельствах приобретает больший вес. Качественным показателям отводится второстепенная роль, как правило, они учитываются интуитивно.

Сложная технологическая структура современных железнодорожных станций, множественность критериев оценки их схем приводят

к тому, что традиционные методы проектирования уже не способны удовлетворять высоким требованиям, предъявляемым к качеству проектов и срокам их выполнения.

Выбор рациональной схемы — это многокритериальная и многовариантная задача. Поэтому существующая методика определения оптимальных схем на основе одного критерия (т.е. задача линейной оптимизации) может быть применена с большими допущениями при предварительном отборе принципиальных схем, т.е. схем, показывающих взаимное расположение устройств без прорисовки горловин.

Создание высокопроизводительной электронной вычислительной техники, развитие теории исследования операций и экономико-математических методов оптимизации проектных и конструкторских решений уже давно поставили на повестку дня переход проектирования на новые методы, основанные на принципах системного анализа — методы автоматизированного проектирования.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) позволяют повысить качество проектирования при одновременном сокращении времени разработки проектов. Особое место эти системы занимают при многокритериальной постановке задач. Подобные проблемы часто возникают при проектировании транспортных объектов и, в первую очередь, станций, являющихся сложными технико-технологическими структурами.

Для САПР характерно рациональное распределение функций между проектировщиком и самой системой. При этом следует иметь в виду, что граница между ручным и автоматизированным проектированием не может быть жесткой. Человеком решаются неформальные задачи (процедуры), а ЭВМ — формализованные.

Несмотря на универсальность многих положений автоматизации проектирования, следует отметить, что проектирование железнодорожных станций имеет ряд особенностей, которые требуют разработки соответствующих методов.

В предлагаемом пособии изложена процедура автоматизированного проектирования схем грузовых станций общего пользования крупнейших узлов.

1. АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ СТАНЦИЙ

1.1. Опыт использования ЭВМ при разработке проектов новых и реконструкции существующих станций

До настоящего времени работы по автоматизации проектирования на железнодорожном транспорте в основном ограничивались автоматизацией расчета смет. В связи с этим уровень автоматизации проектных работ не превышает 20 % [1].

Известно, что проектирование новых и реконструкция существующих станций и узлов требуют значительных трудовых затрат. Следовательно, автоматизация процесса разработки проектов этих объектов может дать большой эффект. Работы ЦНИИСа, Киевгипротранса, Мосгипротранса, ВНИИЖТа, МИИТа и др. заложили основы внедрения САПР для разработки проектов новых и реконструкции существующих железнодорожных станций. Дальнейший рост автоматизации проектирования путевого развития станций и узлов предполагает практическое внедрение законченных работ в большем числе проектных организаций, усложнение работающих программ за счет подключения к ним смежных задач, а также за счет решения новых вопросов автоматизации проектирования [2].

Одной из задач автоматизации проектирования является разработка на начальной стадии рациональных схем станций, что позволяет избежать принципиальных ошибок по компоновке основных станционных элементов (парков). Новой можно назвать и задачу использования САПР для выработки рекомендаций по определению сфер применения тех или иных принципиальных схем станций.

1.2. Формулировка задачи.

Использование анализа по Парето в системе автоматизированного проектирования станций

Схема станции, рассматриваемая как сложная система, состоит из ряда взаимосвязанных и определяющих технологию работы элементов. При этом компоновка основных парков и других элементов станции (т.е. их взаимное расположение) выступает как переменная

величина, определяющая технологию работы станции, а также значение качественных и количественных ее характеристик.

Приняв определенные критерии F_j , по которым можно характеризовать любую из предложенных схем станций множества X и указав определенную процедуру их расчета, решаем задачу нахождения

$$F_j(x) \rightarrow \min_{x \in X}. \quad (1.1)$$

Вектор x , реализующий решение задачи для функционала F_j , будем обозначать через x_j . В результате решения этой задачи можно найти числа $F_{io} = F_i(x_i)$. Они будут характеризовать предельные возможности станций, схемы которых соответствуют современному уровню развития техники и технологии.

Станцию, реализующую функцию (1.1) по критерию F_i , можно назвать рекордистом (станцией с наилучшими показателями) i -го типа [3]. Поскольку невозможно разработать схему станции, которая была бы рекордистом по всем критериям j , то встает задача предложить такую схему, в которой гармонично сочетались бы основные характеристики станции. Для решения этой задачи используется процедура анализа по Парето, изложенная в работе Моисеева Н.Н. [3].

Определим некоторое семейство целевых функций, зависящих от векторного параметра λ , следующего вида:

$$W(x, \lambda) = \max_i \lambda^i \left(\frac{F_i(x) - F_{io}}{F_i(x)} \right). \quad (1.2)$$

Отметим, что значение соотношения $\frac{F_i(x) - F_{io}}{F_i(x)}$ всегда положительно и меньше единицы. Оно показывает, насколько реальная станция хуже рекордиста номера i по показателю F_i , причем, чем больше значение выражения, тем больше отличается станция от рекордиста номера i . Значение выражения

$$\max_i \left(\frac{F_i(x) - F_{io}}{F_i(x)} \right),$$

показывает, насколько велико отличие нашей станции от идеальной схемы.

Если найти такую станцию x_* , для которой верно

$$\max_i \left(\frac{F_i(x) - F_{io}}{F_i(x)} \right) \rightarrow \min,$$

то это означало бы, что найдена такая компоновка основных станционных элементов, которая определяет схему, наиболее близкую к рекордистам, при условии, что все ее характеристики равнозначны. Но часто при проектировании требуется разработать схему станции, соответствующую определенным ограничениям (размеры территории, величины простоя местного вагона и т.п.), т.е. когда роль и значение разнообразных характеристик различны. Величины положительных чисел показывают относительную значимость этих характеристик для решения определенных задач.

Чем больше значение величины λ^i , тем важнее для данного проекта характеристика F_i . Вектор $\lambda = (\lambda^i)$ назовем вектором концепций схемы станции. На него, естественно, накладываются ограничения:

$$\lambda^i \geq 0; i = 1, \dots, n; \sum_{i=1}^n \lambda^i = 1. \quad (1.3)$$

Функционалы $W(x, \lambda)$ являются необходимой сверткой критерiev, поскольку, перебирая параметры, удовлетворявшие условиям (1.3), и находя для них точки $W(x, \lambda) \rightarrow \min_{\lambda}$, получаем полуэфективные варианты, содержащие все точки множества Парето. Наилучшая схема станции, которую предполагается выбрать, будет находиться среди схем, принадлежащих множеству Парето, построенному на функционалах F_i .

1.3. Алгоритм автоматизированного выбора рациональных схем железнодорожных станций

Для проведения анализа по Парето необходимо:

1. Определить конечное множество схем станций, которые соответствуют современному технологическому уровню и обеспечивают рациональную взаимосвязь составляющих элементов. Это неформальная процедура процесса автоматизированного проектирования.

Она может быть выполнена на основе анализа сложившейся практики проектирования существующих станций и изучения рекомендованных схем станций. При этом не исключено использование элементов машинного проектирования.

2. Осуществить важнейшую неформальную процедуру — назначить определенный набор функционалов (критериев), которые бы достаточно полно характеризовали любую из схем как по количественным, так и по качественным показателям. Этот шаг требует глубокого понимания сущности происходящих на станции процессов.

3. Представить принятые функционалы на множестве схем. При этом взаимное расположение элементов станции и их взаимосвязь являются функцией, которая определяет зависимость принятых критериев от входящих в систему исходных данных (условий).

4. Разработать программное обеспечение, позволяющее в диалоговом режиме с ЭВМ реализовать выбор схем станций, оптимальных по Парето, в зависимости от исходных данных и назначенного вектора концепций схемы станции, который, как уже отмечалось, определяет относительную значимость критериев для решения задачи проектирования.

5. На основе разработанной системы, перебирая векторы концепций схем станций, получить полуэффективные варианты, содержащие все точки множества Парето. Наилучшие принципиальные схемы станций, которые можно рекомендовать к проектированию, будут находиться среди схем, принадлежащих множеству Парето.

6. Проведя масштабные накладки отобранных схем станций и применив типовую методику сравнения вариантов по приведенным затратам, принять окончательное решение по выбору схемы станции. На этой стадии желательно провести имитационное моделирование работы станций, чтобы проверить (оценить) их функциональные возможности.

2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

2.1. Современное состояние грузовых станций крупнейших городов

В крупнейших городах в состав железнодорожных узлов, как правило, входят грузовые станции общего пользования. Эти станции имеют крупные механизированные грузовые дворы, на которых в основном сосредоточена переработка тарно-штучных, тяжеловесных грузов и контейнеров. Они имеют значительное путевое развитие, включающее приемо-отправочные, сортировочные и сортировочно-отправочные пути. Такие станции обслуживают получателей и отправителей грузов и, как правило, проводят большую работу по подаче и уборке вагонов с примыкающих подъездных путей.

Важнейший показатель эксплуатационной деятельности грузовых станций — время простоя местного вагона под одной грузовой операцией. К сожалению, на большинстве грузовых станций общего пользования вагоны простояивают 40 часов и более. Поэлементный анализ их простоя показывает, что более двух третей времени простоя приходится на межоперационные интервалы, то есть является непроизводительным. Это объясняется в основном отсутствием рациональных технологических схем работы таких станций. Их развитие и реконструкция часто не предусматривают совершенствования технологии переработки местного вагонопотока и грузовой работы на местах общего пользования.

В настоящее время грузовые станции общего пользования в основном расположены на сквозных линиях, зачастую с интенсивным транзитным и пассажирским движением. Они размещены как в городах с населением в 1 млн и более, так и в городах с населением от 500 тысяч до миллиона в различных регионах нашей страны с разнообразными климатическими и топографическими условиями, а также различными видами промышленного производства и экономическим потенциалом обслуживаемых городов. Анализ схем таких станций показал следующее.

До 50 % станций крупнейших городов ведут значительную местную работу. Для них характерно мощное путевое развитие с группировкой путей в самостоятельные парки. На таких грузовых станциях парки путей, как правило, расположены параллельно, а грузовой двор размещен либо параллельно комплексу парков (в этом случае на ряде станций часть путей грузового двора сквозные) либо, что встречается значительно реже, последовательно по отношению к одному из основных парков и имеет тупиковую схему путевого развития.

Для остальных станций примерно с одинаковым объемом транзитной и местной работы характерно наличие объединенных парков путей с крайним расположением главных путей и параллельным расположением тупикового грузового двора по отношению к объединенному парку со стороны, противоположной пассажирскому зданию.

Наиболее характерными категориями путей на грузовых станциях являются приемо-отправочные, сортировочные и сортировочно-отправочные пути.

Полезная длина приемо-отправочных путей распределена в интервале 100—1200 м, причем максимум плотности распределения длины приходится на интервал 800—900 м, 28 % приемо-отправочных путей позволяют обеспечить прием и отправление поездов установленной длины для передаточных поездов (850 м или 53 физических вагона). Наличие большого числа коротких приемо-отправочных путей объясняется историческим развитием таких станций и малой длиной передаточных поездов, обращающихся между сортировочными и грузовыми станциями крупнейших узлов.

Примерно 40 % сортировочных путей имеют полезную длину 300—500 м. Малая длина путей обусловлена длиной погрузочно-разгрузочных фронтов.

Основное назначение сортировочно-отправочных путей определяет длину путей этой категории. Почти половина этих путей имеет длину в интервале 800—900 м, что позволяет грузовым станциям общего пользования, имеющим сортировочно-отправочные пути, готовить сквозные, участковые, вывозные и поезда других категорий установленной длины. Поэтому не случайно максимум длины как приемо-отправочных, так и сортировочно-отправочных путей приходится на интервал 800—900 м. В отличие от длины приемо-отправочных пу-

тей, длина сортировочно-отправочных путей не бывает менее 400 м, а 90 % таких путей имеют длину 600 м и более.

В настоящее время на грузовых станциях крупнейших городов около 57 % приемо-отправочных и 70 % сортировочно-отправочных путей имеют длину 700—900 м, 40 % сортировочных путей — 300—500 м, что позволяет принимать и отправлять местные поезда примерно из 50 вагонов.

При этом следует иметь в виду, что, как правило, на каждой грузовой станции в парках имеются пути одного назначения различной полезной длины. Разброс их длин может достигать 500 м для приемо-отправочных путей, 300 м для сортировочно-отправочных и сортировочных путей. Это объясняется сложившейся структурой парков и характерными особенностями стрелочных улиц, а также специализацией путей парков (в первую очередь в сортировочном и сортировочно-отправочном парках) по категориям поездов и группам назначений вагонов. Так, для приема и отправления передаточных поездов в узлах используются сравнительно короткие пути, а в приемо-отправочных парках для организации транзитного движения и в сортировочно-отправочных парках для формирования поездов на участки — более длинные пути.

Некоторые грузовые станции имеют объединенные парки с числом путей, как правило, не более восьми и длиной, необходимой для обеспечения работы с поездами, обращающимися на участке. Рост вагонооборота на подъездных путях данной группы грузовых станций ведет к увеличению числа приемо-отправочных путей. Сортировочные пути на таких станциях, как правило, отсутствуют. При близком расположении сортировочной станции подборка вагонов по погрузочно-разгрузочным фронтам грузовой станции ведется на сортировочной станции. Иногда имеются сортировочные пути на местах общего пользования грузовых станций. Но чаще всего подборку и накопление вагонов ведут на одном-трех путях объединенного парка либо в процессе расформирования в качестве сортировочных используют свободные приемо-отправочные пути или же их свободные концы.

Поэтому предложенный алгоритм автоматизированного проектирования был первоначально апробирован при разработке рациональных схем грузовых станций общего пользования.

2.2. Структурные элементы грузовых станций

Как уже отмечалось, определить конечное множество схем станций, соответствующих современному технологическому уровню, — это неформальная, сложная процедура, требующая достаточных знаний процессов, происходящих на таких станциях.

Для грузовых станций общего пользования наиболее характерными элементами являются приемо-отправочный парк (ПОП), сортировочный парк (СП) и грузовой двор (ГД). Вид взаимного расположения и взаимосвязь этих элементов определяют технологическую структуру станции.

Исходя из того, что железнодорожные узлы крупнейших городов имеют самостоятельные сортировочные станции и весь вагонопоток с грузовых станций передается на сортировочные без подборки по назначениям плана формирования, следует, что на грузовых станциях не должны сооружаться сортировочно-отправочные пути. Необходимо сооружение нескольких коротких (длиной 200—250 м) сортировочных путей для детальной подборки прибывших вагонов по фронтам погрузки-выгрузки, так как эта работа на сортировочных станциях узлов, как правило, не производится.

Примыкающие к станции подъездные пути оказывают существенное влияние на структуру прибывающего на грузовую станцию местного вагонопотока и, через него, — на развитие сортировочной системы и взаимное расположение парков. Основные условия их примыкания достаточно четко сформулированы в Инструкции по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР [25].

Рассматривая грузовую станцию, естественно считать элементами схем станции не только взаимное расположение основных парков, но и другие факторы, которые придают станции, как системе, новые качества (приводят к изменениям технологии работы, ускоряют какие-либо процессы и др.).

Проведенный анализ показал, что структурными элементами грузовых станций общего пользования, как сложной системы, являются:

- вид взаимного расположения ПОП и СП (параллельное или последовательное);
- положение ГД относительно основных парков;
- производство маневровой работы по расформированию передачных поездов и обслуживанию ГД в разных горловинах или в одной;

- конструктивные особенности, позволяющие одновременно проводить работы по расформированию поездов и обслуживанию ГД (наличие самостоятельного вытяжного пути на ГД);
- тип ГД (тупиковый, со сквозными путями или сквозной);
- вид реализуемой системы расформирования передаточных поездов и подборки вагонов.

2.3. Синтез множества возможных схем грузовых станций общего пользования

Различные сочетания вышенназванных структурных элементов грузовых станций общего пользования определяют принципиальные схемы их путевого развития. Для удобства подготовки схем применяют машинное проектирование с использованием графа типа «И-ИЛИ ДЕРЕВО», что позволяет избежать рассмотрения неприемлемых схем станций.

На рис. 2.1 представлен график «И-ИЛИ ДЕРЕВО», применяемый для разработки схем грузовых станций, каждой ветви которого соответствует определенная схема. Предусматривается, что на каждой из 37 допустимых схем грузовых станций (рис. 2.2) может быть реализовано два способа расформирования поездов: на вытяжном пути осаживанием и на немеханизированной горке малой мощности.

Схемы станций предлагается описывать группой цифр, которые определяют ту или иную ветвь графа «И-ИЛИ ДЕРЕВО» (см. рис. 2.1). На I уровне: 0 — параллельное расположение приемо-отправочного и сортировочного парков; 1 — последовательное расположение парков. На II уровне: 0 — грузовой двор расположен параллельно сортировочному парку; 1 — грузовой двор последователен сортировочному парку; 2 — грузовой двор расположен параллельно приемо-отправочному парку и последовательно сортировочному. Если маневровая работа по расформированию передаточных поездов и обслуживанию грузового двора осуществляется в разных горловинах, то на III уровне пишется единица, если данные виды маневровой работы сосредоточены в одной горловине, пишется ноль. На IV уровне: 0 — расформирование в горловине со стороны примыкания главного пути; 1 — расформирование в горловине, противоположной примыканию главного пути; 2 — расформирование осуществляется непосредственно с приемо-отправочных путей. На V уровне

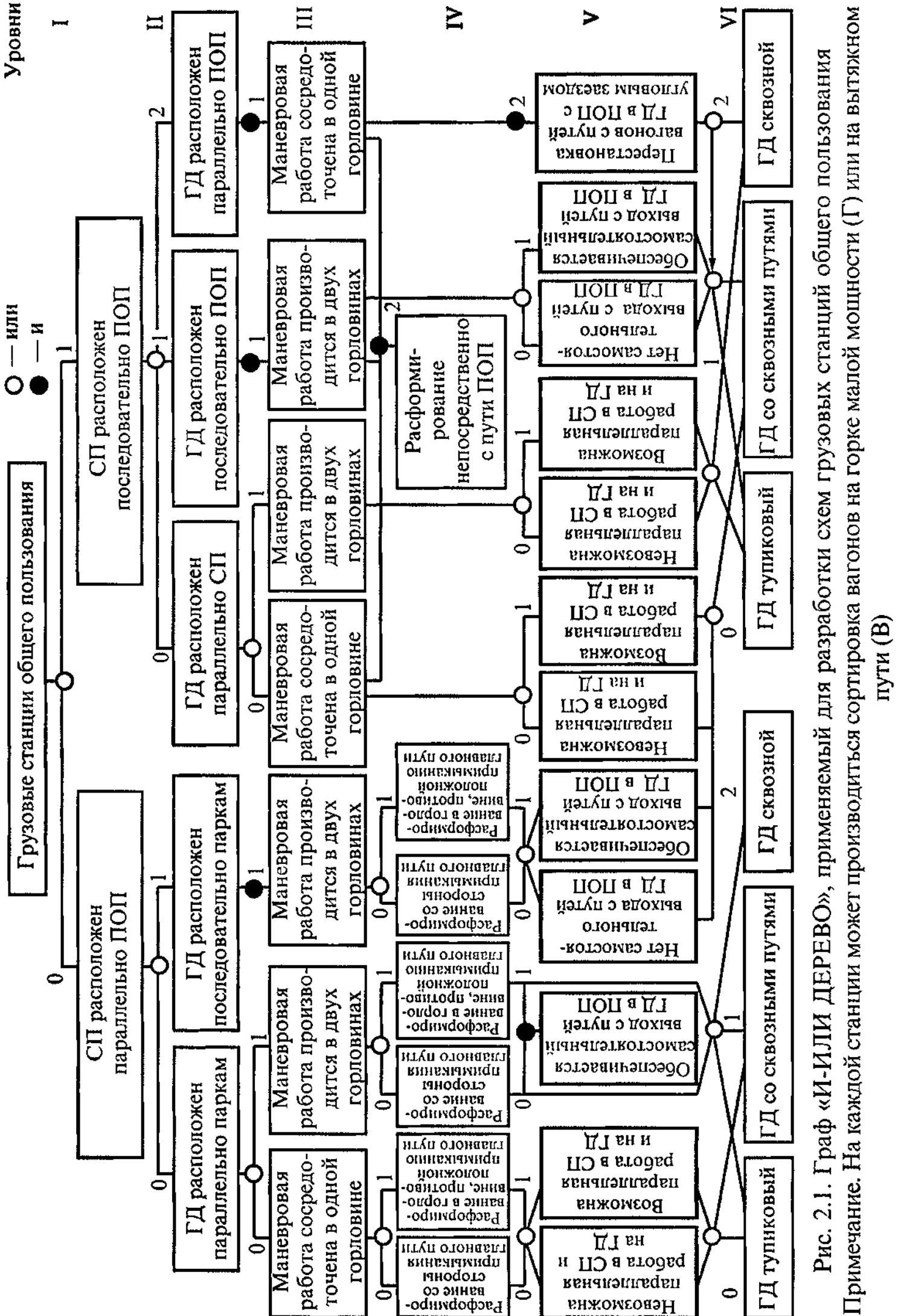


Рис. 2.1. Граф «И-ИЛИ ДЕРЕВО», применяемый для разработки схем грузовых станций общего пользования Примечание. На каждой станции может производиться сортировка вагонов на горке малой мощности (Γ) или на вытяжном

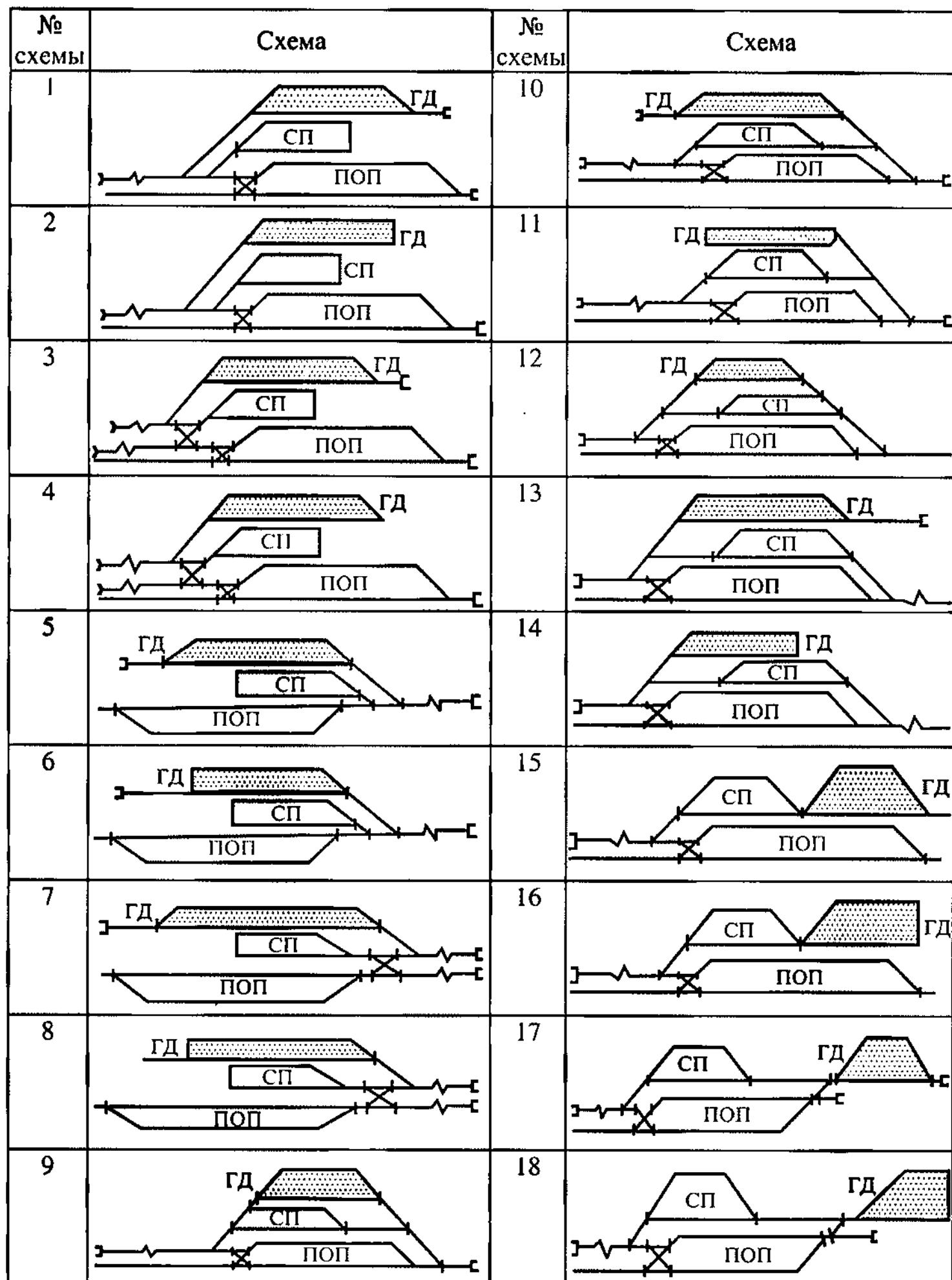


Рис. 2.2. Множество допустимых схем грузовых станций общего пользования
(начало)

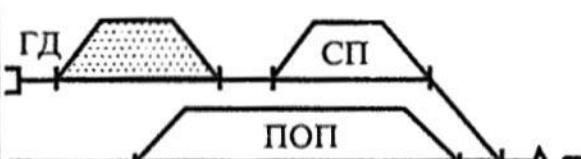
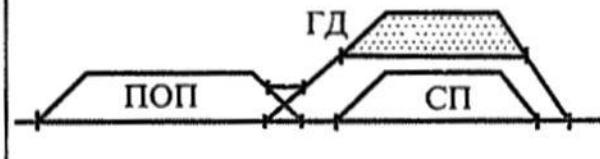
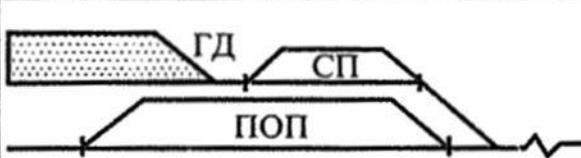
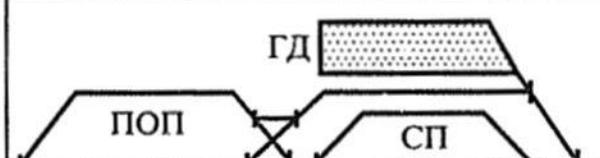
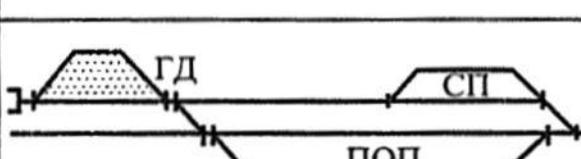
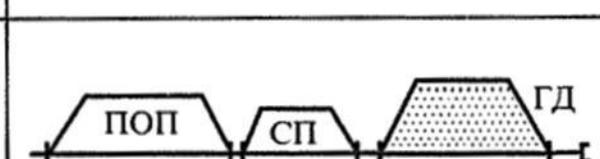
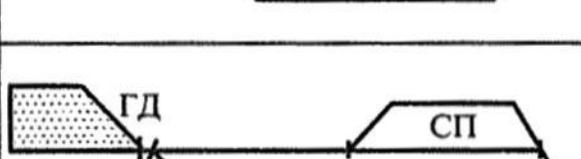
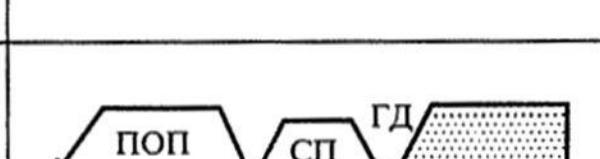
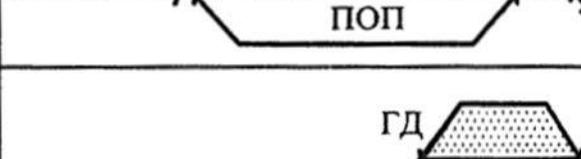
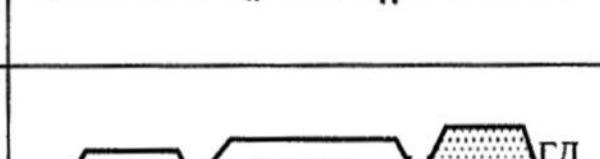
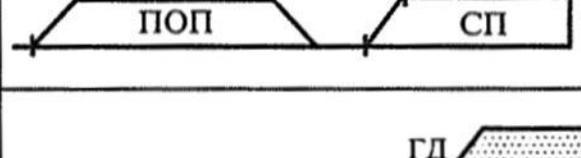
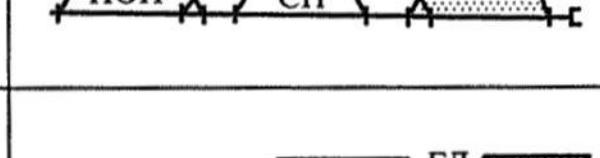
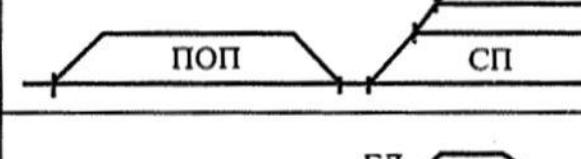
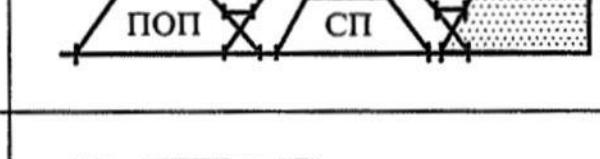
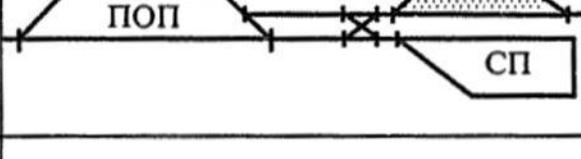
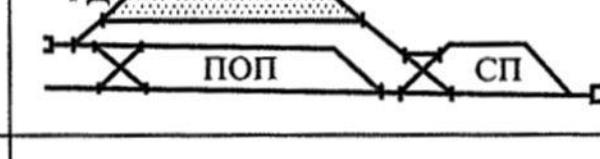
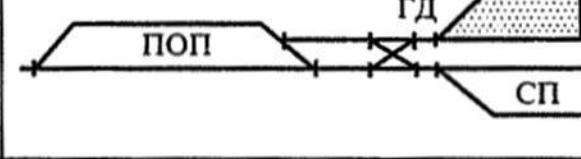
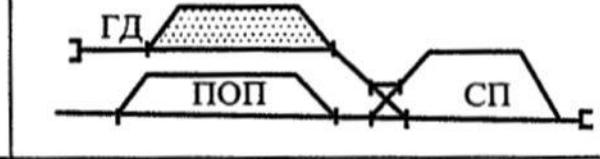
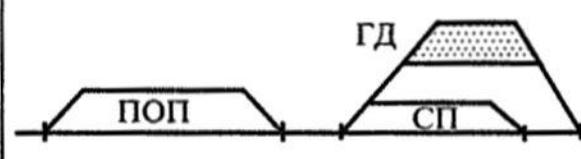
№ схемы	Схема	№ схемы	Схема
19		29	
20		30	
21		31	
22		32	
23		33	
24		34	
25		35	
26		36	
27		37	
28			

Рис. 2.2. Множество допустимых схем грузовых станций общего пользования (окончание)

цифры характеризуют конструктивные особенности, позволяющие одновременно проводить работы по расформированию составов передаточных поездов и обслуживанию грузового двора: 0 — отсутствует самостоятельный вытяжной путь на грузовом дворе; 1 — на грузовом дворе есть свой вытяжной путь или обеспечивается выход с путей грузового двора на пути приемо-отправочного парка; 2 — перестановка групп вагонов с путей грузового двора в приемо-отправочный парк осуществляется угловым заездом. На VI уровне цифры характеризуют тип грузового двора: 0 — тупиковый грузовой двор; 1 — грузовой двор со сквозными путями; 2 — сквозной грузовой двор. Буква после пяти цифр определяет систему расформирования, реализуемую на данной допустимой схеме: Г — на немеханизированной горке малой мощности, В — на вытяжном пути осаживанием.

2.4. Назначение функционалов, характеризующих схемы грузовых станций

Определение набора критериев, которые достаточно полно характеризовали бы любую схему станции, — это вторая неформальная процедура разработки системы автоматизированного проектирования. Как следует из общих принципов организации неформальных процедур, агрегированные характеристики всегда достаточно индивидуальны. Однако существует целый ряд характеристик станций, которые являются стандартными. Вместе с тем, тип проектируемой или модернизируемой станции, а также субъективный подход автора находят отражение в структуре параметров. Следует особо отметить, что изменение набора критериев не будет носить принципиального характера для решения задач. Расчет агрегированных характеристик планируется достаточно простым, чтобы не было больших затрат машинного времени.

Формирование критериев, которые достаточно полно отражают технико-технологическую структуру станции, осуществляется с учетом их чувствительности к изменениям принципиальной схемы, представительности, максимально возможной простоты, возможности объединения всех мелких критериев, натуральных, стоимостных и качественных показателей. Выделены следующие пять критериев, удовлетворяющие перечисленным требованиям.

1. Стоимостной критерий учитывает капитальные вложения и эксплуатационные расходы на содержание постоянных устройств, затраты на локомотиво-часы маневровой работы и затраты, возникающие от задержек автотранспорта при обслуживании грузового двора.

2. Время обработки местных вагонов на станции (по отличающимся элементам) включает время на сортировку, задержки при пересечении маневровых маршрутов, временные затраты на перемещение вагонов, дополнительный простой в ожидании подачи, вызванный увеличением загрузки маневрового локомотива вследствие многократной сортировки, время обслуживания грузового двора и простоя в ожидании уборки с грузовых фронтов.

3. Величина необходимой земельной площади станции, состоит из площади под станционные парки и площади под грузовой двор; первая зависит от вида взаимного расположения парков и мощности путевого развития, вторая является функцией объема работы и зависит от типа грузового двора.

4. Пробег местного вагона как количественная характеристика процесса перемещения вагонов на станции.

5. Среднее число изменений направления движения вагона на станции, характеризующее поточность обработки вагонов на станции.

2.5. Представление функционалов на множестве схем грузовых станций общего пользования

Каждый из пяти критериев F_j , $j = \overline{1,5}$ представлен на разработанном множестве схем (см. рис. 2.2). В общем виде зависимость любого критерия F_j от входящих в систему исходных данных α можно представить в виде

$$F_j(x) = f_i(\alpha), \forall j, j = \overline{1,5}, \quad (2.1)$$

где x — рассматриваемая станция;

f_i — набор констант, однозначно представляющих конкретную станцию x_i .

Массив констант f_i записан в файл исходных данных, которые являются функцией, определяющей зависимости назначенных критериев от входящих в систему данных.

2.5.1. Вычисление стоимостного критерия

В первый критерий включены годовые затраты на сооружение и содержание сортировочной системы и маневрового комплекса, на сравнительное путевое развитие, на сооружение грузового комплекса, а также затраты, возникающие от задержек автотранспорта при обслуживании ГД.

Годовые приведенные затраты на сортировочную систему и маневровый комплекс определяются по формуле:

$$C = C_M + C_N + E_S, \quad (2.2)$$

где C_M — затраты на локомотиво-часы маневровой работы при расформировании составов передаточных поездов и обслуживании ГД, тыс. руб.;

C_N — сравнительные годовые приведенные затраты на сортировочную систему и маневровые локомотивы, тыс. руб.;

E_S — эксплуатационные расходы на содержание путей, стрелочных переводов в СП и сортировочного комплекса, тыс. руб. в год.

Затраты C_M равны

$$C_M = e_{л-ч} (N \cdot t_p + 365t_{ГД}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.3)$$

где $e_{л-ч}$ — стоимость локомотиво-часа маневровой работы, руб.;

N — число расформировываемых составов передаточных поездов за год;

t_p — время расформирования одного состава передаточного поезда, ч;

$t_{ГД}$ — время обслуживания ГД в течение суток, ч (зависит от схемы станции и типа ГД).

Затраты C_N определяются выражением:

$$C_N = E_h (C_S + C_л), \quad (2.4)$$

где E_h — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

C_S — капитальные затраты на путевое развитие СП, включая стрелочные переводы и сооружение сортировочного устройства, тыс. руб.;

$C_л$ — стоимость требуемых маневровых локомотивов, тыс. руб.

$$C_S = Z_0 \cdot K_п \cdot l_{сп} + PS(Z_0 - 1)K_{сп} + K_y, \quad (2.5)$$

где Z_0 — оптимальное число сортировочных путей на станции;

$K_п$ — капитальные затраты на сооружение одного км сортировочного пути на станции, тыс. руб.;

$l_{\text{сп}}$ — длина сортировочного пути, км;

$P5$ — признак схемы станции: $P5 = 1$, если СП тупиковый, $P5 = 2$, если СП сквозной;

$K_{\text{сп}}$ — стоимость комплекта стрелочного перевода, его укладки в путь и оборудования электрической централизацией, тыс. руб.;

K_y — стоимость сооружения сортировочного устройства, тыс. руб.

$$C_{\text{л}} = M_{\text{п}} \cdot K_{\text{мл}}, \quad (2.6)$$

где $M_{\text{п}}$ — требуемое число маневровых локомотивов на станции;

$K_{\text{мл}}$ — стоимость одного маневрового локомотива, тыс. руб.

Требуемое число маневровых локомотивов на станции состоит из числа локомотивов для выполнения операций при сортировке передаточных поездов без учета повторной сортировки (M) и дополнительного числа маневровых локомотивов ($M_{\text{доп}}$), потребность в которых возникает при чрезмерной загрузке локомотивов много-кратной сортировкой (когда число назначений вагонов в составе передаточного поезда n_h превышает число сортировочных путей Z_c).

Согласно [14]

$$M = \frac{N(t_c + n_h \cdot \bar{t}_{\text{об}})}{365 \cdot T_m \cdot \rho_l}; \quad M_{\text{доп}} = \frac{(t_p - t_c) \cdot N}{T_m \cdot \rho_l}, \quad (2.7)$$

где t_c — время расформирования передаточного поезда при $Z_c = n_h$, ч;

$\bar{t}_{\text{об}}$ — среднее время обслуживания одной подачи вагонов на определенной станции, ч;

T_m — время работы маневрового локомотива в течение суток, ч;

ρ_l — коэффициент, характеризующий расчетную загрузку маневрового локомотива.

С целью учета влияния схем станции (точнее вида примыкания ГД и его типа) на расчет величины M для каждой схемы станции в системе автоматизированного проектирования железнодорожных станций величина $\bar{t}_{\text{об}}$ рассчитывается по формуле:

$$\bar{t}_{\text{об}} = \frac{n_h \cdot t'_{\text{об}} + t_{\text{гд}}}{n_h}, \quad (2.8)$$

где $t'_{\text{об}}$ — среднее время обслуживания одной подачи вагонов, задаваемое без учета влияния вида примыкания ГД и его типа, ч.

Затраты E_S определяются выражением:

$$E_S = Z_0 \cdot E_{\text{п}} \cdot I_{\text{сп}} + P5(Z_0 - 1)E_{\text{сп}} + E_y, \quad (2.9)$$

где $E_{\text{п}}$ — эксплуатационные расходы на содержание одного км сортировочно-го пути в год, тыс. руб.;

$E_{\text{сп}}$ — эксплуатационные расходы на содержание одного стрелочного перевода в год, тыс. руб.;

E_y — эксплуатационные расходы на содержание сортировочного устройства в год, тыс. руб.

Приведенные годовые затраты на сравнительное путевое развитие определяются выражением:

$$C_{\text{п}} = E_{\text{п}}(D7 \cdot K_{\text{сп}} + D8 \cdot K_{\text{пс}} + D9 \cdot K_{\text{п}}) + D7 \cdot E_{\text{сп}} + D8 \cdot E_{\text{пс}} + D9 \cdot E_{\text{п}}, \quad (2.10)$$

где $K_{\text{пс}}$ — капитальные затраты на сооружение и включение в электрическую централизацию перекрестного съезда с четырьмя стрелочными переводами, тыс. руб.;

$E_{\text{пс}}$ — эксплуатационные расходы на его содержание в год, тыс. руб.;

$D7, D8, D9$ — сравнительные величины — соответственно, число стрелочных переводов, число перекрестных съездов и длина дополнительных путей (км), однозначно определяемые схемой станции. Включены в файл исходных данных.

Приведенные народнохозяйственные затраты на сооружение грузового комплекса при тупиковом ГД определяются на основании [15] выражением:

$$C_{\text{гк}} = E_{\text{п}}(848 + 982X_{\text{Г}}) + (158 + 429X_{\text{Г}}), \quad (2.11)$$

где $X_{\text{Г}}$ — годовой грузооборот ГД, млн. тонн.

Зная, что протяженность путей при сквозном типе ГД увеличивается по сравнению с тупиковым в 1,5 раза [15], приведенные затраты на сооружение грузового комплекса при сквозном ГД определяются выражением:

$$C'_{\text{гк}} = C_{\text{гк}}(1 + 0,5\phi_{\text{пут}}), \quad (2.12)$$

где $\phi_{\text{пут}}$ — доля затрат, приходящаяся на путевое развитие грузового комплекса.

Затраты от задержек автотранспорта при обслуживании сквозных ГД и отсутствии путепроводов определяются выражением:

$$C_{\text{авт}} = 365 \cdot e_{\text{а-ч}} \cdot t_{\text{зад}}^{\text{а}} \cdot 10^{-3}, \quad (2.13)$$

где $e_{\text{а-ч}}$ — стоимость автомобиль-часа простоя, руб.;

$t_{\text{зад}}^{\text{а}}$ — суммарное время задержек автомашин за сутки, ч, определяемое по формуле:

$$t_{\text{зад}}^{\text{а}} = \rho_m \cdot K_a (N_p \cdot t_p + N'_p \cdot t'_p), \quad (2.14)$$

где ρ_m — вероятность прибытия автомобиля на ГД в период занятия переезда;
 K_a — число требуемых автомобилей;

N_p — число переставляемых маневровых составов из парков станции на ГД (принимаем равным удвоенному числу обслуживаний ГД);

N'_p — число переставляемых составов внутри ГД (можно принять равным числу обслуживаний ГД);

t_p, t'_p — время занятия переезда при перестановке группы вагонов из парков станции на ГД и при перестановке внутри ГД соответственно, ч.

Требуемое число автомобилей определяется согласно [16] выражением:

$$K_a = \frac{Q}{9,8 \cdot A \cdot g}, \quad (2.15)$$

где Q — масса груза, подлежащая вывозу за сутки, т;

A — число поездок автомобилей;

g — средняя нагрузка автомобиля, кН.

$$Q = \frac{X_g \cdot 10^{-6}}{365}, \quad (2.16)$$

$$A = \frac{t_{\text{нар}} \cdot V_k \cdot K}{l_a + t_{\text{пв}} \cdot K \cdot V_k}, \quad (2.17)$$

где $t_{\text{нар}}$ — время работы автомобиля по наряду, ч.;

V_k — средняя коммерческая скорость движения автомобиля, км/ч;

K — коэффициент использования пробега;

l_a — среднее расстояние пробега груженого автомобиля за одну поездку, км;

$t_{\text{пв}}$ — среднее время на погрузку и выгрузку с учетом установки автомобиля к месту погрузки и выгрузки, ч.

2.5.2. Определение сравнительного времени нахождения местного вагона на станции

Время обработки вагонов на станции (по отличающимся элементам), приходящееся на один переработанный вагон, состоит из временных затрат, возникающих:

- в процессе сортировки;
- в результате задержек при пересечении маневровых маршрутов;
- в связи с изменением пробега вагонов;
- при дополнительном простое в ожидании подачи, который вызван увеличением загрузки маневрового локомотива многократной сортировкой;
- в процессе обслуживания ГД и простоя в ожидании уборки с погрузочно-разгрузочных фронтов при тупиковом типе ГД.

Время на расформирование состава передаточного поезда с повторной сортировкой по подборке групп вагонов может быть определено по формуле [14]:

$$t_p = t_c(1 + F), \quad (2.18)$$

где F — функция повторности сортировки.

Величина t_c определяется согласно «Типовым нормам времени на маневровые работы» [17] при расформировании состава с горки по формуле:

$$t_{c(\Gamma)} = t_3 + t_{\text{над}} + t_{\text{рос}} + t_{\text{ос}} + t_{\text{пер}}, \quad (2.19)$$

где t_3 — время на заезд маневрового локомотива в парк прибытия к составу, мин;

$t_{\text{над}}$ — время на надвиг состава из парка прибытия на горку, мин;

$t_{\text{рос}}$ — время роспуска состава с горки, мин;

$t_{\text{ос}}$ — время на осаживание вагонов со стороны горки для ликвидации окон на путях СП, мин;

$t_{\text{пер}}$ — технологическое время на перестановку состава из ПОП за стрелку горочного вытяжного пути (при параллельном расположении ПОП и СП), мин.

Как видим, при расчете времени расформирования состава на сортировочной горке учтен вид взаимного расположения парков. Время расформирования на вытяжном пути зависит лишь от уклона вытяжного пути и метода расформирования (толчками или осаживанием):

$$t_{c(\text{вп})} = A \cdot g_c + B \cdot m_c, \quad (2.20)$$

где g_c — число отцепов вагонов в составе передаточного поезда;

m_c — число вагонов в составе передаточного поезда;

А, Б — нормативные коэффициенты.

В коэффициентах А и Б учтены временные затраты на заезд локомотива под состав, вытягивание состава (или его части) на вытяжной путь, толчки для сортировки вагонов и оттягивание маневрового состава после толчков, т.е. подразумевается параллельное расположение ПОП и СП. Однако встречаются станции с последовательным расположением парков, которые не оборудованы сортировочными горками, поэтому в схеме влияние взаимного расположения парков на время расформирования на вытяжном пути осаживанием при последовательном расположении ПОП и СП учитывается по формуле:

$$t_{c(\text{вп})} = A \cdot g_c + B \cdot m_c - t'_3 - t_{\text{пер}} + t''_3, \quad (2.21)$$

где t'_3 — время на заезд маневрового локомотива в ПОП к составу при параллельном расположении парков, мин;

t''_3 — то же при последовательном расположении парков, мин.

Функция повторности сортировок F зависит от числа назначений вагонов в составе передаточного поезда и числа сортировочных путей [14]

$$F = \sum_{i=1}^{K_c-1} \frac{n_h - i(Z_c - 1)}{n_h}, \quad (2.22)$$

где K_c — число сортировок.

Задержки при пересечении маневровых маршрутов возникают в том случае, когда для обеспечения расформирования составов передаточных поездов и обслуживания ГД требуется более одного маневрового локомотива и маневровая работа по обслуживанию мест общего пользования и расформированию сосредоточена в одной горловине.

При параллельном расположении основных парков рассматриваются два возможных случая, предусмотренных компоновочными схемами: обслуживание ГД производится с использованием основ-

ного вытяжного пути или параллельно расположенного основному дополнительному вытяжному пути.

При пересечении двух равноценных маневровых маршрутов время задержек $t_{\text{зад}}$ может быть определено по формуле:

$$t_{\text{зад}} = \frac{N_1 \cdot N_2 (t_1^2 + t_2^2)}{2880}, \quad (2.23)$$

где N_1, N_2 — число передвижений по соответствующим маршрутам за одни сутки;

t_1, t_2 — время занятия враждебного участка первым и вторым передвижением, мин.

Задержка возникает на основном вытяжном пути, когда необходимо одновременно расформировать состав передаточного поезда и обслужить ГД. В нашем случае, N_1 — число прибывающих на станцию передаточных поездов в среднем за сутки, а N_2 — число подач и уборок передач на ГД, совершаемых дополнительным маневровым локомотивом. Естественно предположить, что основной маневровый локомотив занят расформированием составов, а работа по обслуживанию ГД распределена между двумя локомотивами пропорционально их занятости. Тогда

$$N_2 = 2 \cdot n_{\text{пу}} (M_{\text{п}} - 1), \quad (2.24)$$

где $n_{\text{пу}}$ — число обслуживаний ГД, зависящее от организации работы;

t_1 — время расформирования состава передаточного поезда, мин;

t_2 — время занятия горловины СП при обслуживании ГД, мин.

В первом случае

$$t_2 = \frac{2 \cdot l_{\text{гр}}}{V_{\text{п}}} 0,06. \quad (2.25)$$

Во втором случае

$$t_2 = \frac{l_{\text{гр}}}{V_{\text{п}}} 0,06, \quad (2.26)$$

где $l_{\text{гр}}$ — длина максимально возможной группы вагонов, подаваемой на ГД, м;

$V_{\text{п}}$ — средняя скорость перестановки (можно принять 10 км/ч).

$$l_{\text{гр}} = \frac{n \cdot \alpha_{\text{ГД}} \cdot l_{\text{в}}}{n_{\text{п}}}, \quad (2.27)$$

где n — среднесуточное поступление местных вагонов на станцию, ваг.;

$\alpha_{\text{ГД}}$ — доля вагонов, поступающих на ГД;

$l_{\text{в}}$ — длина вагона (в среднем 15 м).

Таким образом, время задержек можно определить выражением:

$$t_{\text{зад}} = TZ1 \cdot \frac{N \cdot n_{\text{п}} (M_{\text{п}} - 1) \cdot \left[t_p^2 + \left(\frac{TZ2 \cdot l_{\text{гр}}}{V_{\text{п}}} 0,06 \right)^2 \right]}{2880}, \quad (2.28)$$

где $TZ1$ — признак, показывающий, какая часть подач и уборок вагонов из СП на ГД враждебна операции расформирования. Если $TZ1 = 0$, то враждебности нет, и тогда $t_{\text{зад}} = 0$, если $TZ1 = 0,5$, то либо подачи, либо уборки враждебны операции расформирования, при $TZ1 = 1$ подачи и уборки вагонов на ГД враждебны расформированию (осуществляются с использованием основного вытяжного пути);

$TZ2$ — признак, характеризующий расстояние, которое проходит вагон из СП на ГД.

Значения $TZ1$ и $TZ2$ однозначно определяются схемой станции, их числовые значения занесены в файл исходных данных.

Время, связанное с изменением расстояния пробега вагонов на станции, определяется по формуле:

$$t_{\text{ип}} = \frac{l_{\text{пр}}}{V_{\text{п}}} 0,06, \quad (2.29)$$

где $l_{\text{пр}}$ — длина пробега местного вагона, м.

Дополнительный простой вагонов в ожидании подачи возникает, когда из-за занятости маневровых локомотивов подборкой вагонов (при нехватке сортировочных путей) происходит увеличение коэффициента их загрузки, но не настолько, чтобы потребовалось вводить дополнительные маневровые средства. Эта длина может быть определена (при произвольном времени обслуживания) по формуле:

$$t_{\text{об}} = \frac{\bar{t}_{\text{об}} (1 + v_{\text{об}}^2)}{2} \left(\frac{\rho_{\text{лмс}}}{1 - \rho_{\text{лмс}}} - \frac{\rho_{\text{л}}}{1 - \rho_{\text{л}}} \right), \quad (2.30)$$

где $v_{об}$ — коэффициент вариации времени обслуживания;

$\rho_{лмс}$ — коэффициент, характеризирующий среднюю загрузку маневровых локомотивов при многократной сортировке составов.

Простой вагонов в ожидании уборки с погрузочно-разгрузочных фронтов возникает при тупиковой схеме ГД в связи с неравномерным поступлением передач. Время простоя может быть определено с учетом [18] по формуле:

$$t_{ож} = \alpha_{ГД} \cdot \beta \left(\frac{l_{уб}}{V_{п}} + t_{мар} \right) \quad (2.31)$$

где β — коэффициент, учитывающий число вагонов, находящихся в ожидании уборки;

$l_{уб}$ — расстояние перестановки составов из парков на ГД и обратно, км;

$t_{мар}$ — время приготовления маршрута при уборке вагонов, ч.

2.5.3. Расчет величины площади, необходимой для сооружения станции

Площадь, необходимая для сооружения грузовой станции общего пользования, как правило, состоит из площади, требуемой для сооружения ГД, и площади под станционные парки.

В исследовании [15] показано, что капитальные затраты на устройство грузового комплекса и эксплуатационные расходы на его содержание зависят от величины грузооборота на фронтах ГД. Там же приведена зависимость требуемой площади ГД от размеров грузооборота. Используя приведенные в работе [15] данные по восемнадцати ГД, установлена корреляционная зависимость площади, требуемой для сооружения ГД тупикового типа, от величины грузооборота. Она имеет вид:

$$y = 9,68 + 0,0832x, \quad (2.32)$$

где y — площадь ГД, га;

x — число поступающих на ГД вагонов в сутки.

На основании масштабных накладок схем грузовых станций в работе [15] установлено, что площадь застройки сквозных ГД увеличивается в 1,41 раза по сравнению с площадью застройки ГД тупикового типа. С достаточной степенью точности эти данные мож-

но использовать для определения площади, требуемой для сооружения грузовой станции общего пользования.

Зависимость размеров площадок от вида взаимного расположения парков станции исследователями не рассматривалась, лишь отмечалось, что для сооружения станции с параллельным расположением парков и ГД требуется короткая широкая площадка, а для станции с последовательным расположением парков и ГД — длинная узкая.

Некоторые исследователи определяли площадь лишь для тех схем станций, которые они предлагали к сооружению [15, 19], но каких-либо закономерностей изменения размеров площадки, требуемой для сооружения станции, от вида взаимного расположения парков ими не давалось, и на основании приведенных данных установить такие закономерности не представляется возможным.

Площадь, необходимую для сооружения стационарных парков, предлагается рассчитывать как площадь замкнутого многоугольника. Площадь такого многоугольника с вершинами в точках P_1, \dots, P_n может быть определена по формуле [20]:

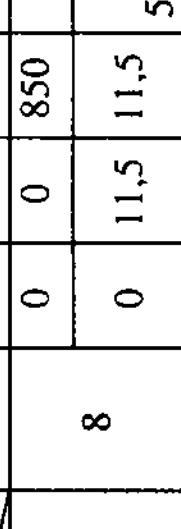
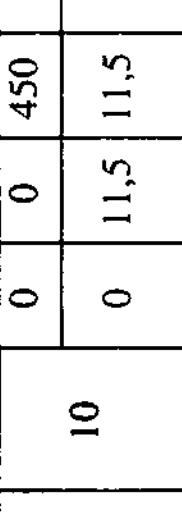
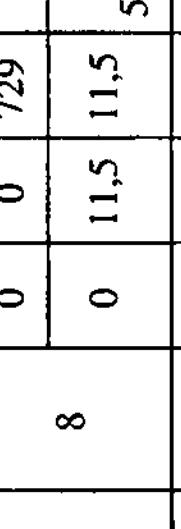
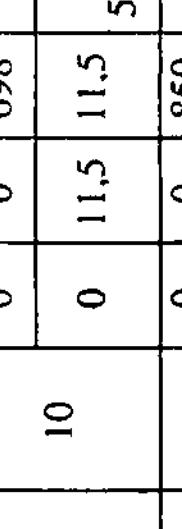
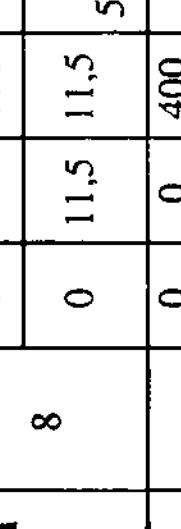
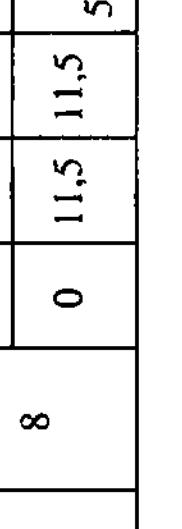
$$S = \frac{1}{2} [(x_1 - x_2)(y_1 + y_2) + (x_2 - x_3)(y_2 + y_3) + \dots + (x_n - x_1)(y_n + y_1)], \quad (2.33)$$

где x_n, y_n — координаты вершины P_n .

Разнообразие взаимного расположения парков и других структурных элементов грузовых станций описано 17 геометрическими фигурами (табл. 2.1). Определение координат вершин многоугольников произведено аналитически. При этом ширина междупутий на станции и продольные расстояния при укладке стрелочных переводов определены согласно нормативам [21]. Линию приближения зданий, сооружений и устройств, расположенных с внешней стороны крайних путей, принимаем на расстоянии 3100 мм [22]. Длину вытяжного пути, с которого производится расформирование передачных поездов, принимаем равной длине состава поезда, а пути для обслуживания ГД — длине максимально возможной подаваемой группы вагонов. Ширина СП в схеме поставлена в зависимость от числа сортировочных путей, поскольку изменение взаимного расположения парков может привести к изменению оптимального числа сортировочных путей.

Таблица 2.1

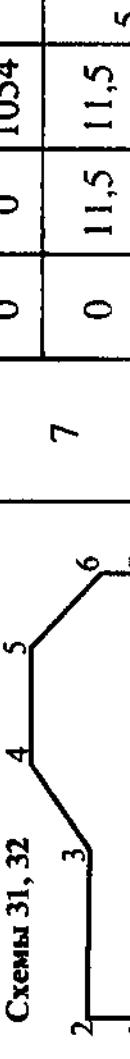
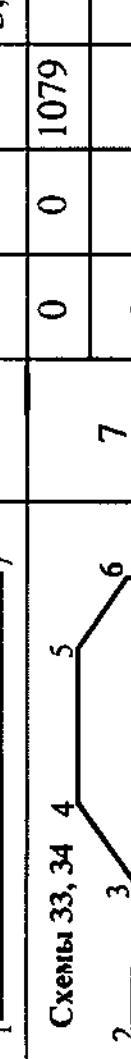
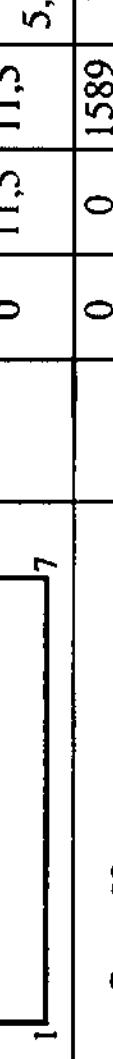
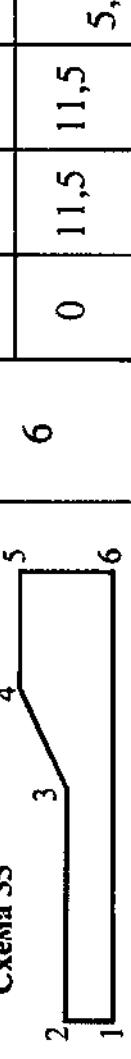
Фигуры, описывающие стационарные площадки рассматриваемых грузовых станций

№ фигу- ры	Координаты вершин	Число вершин	$\frac{x_1}{y_1}$	$\frac{x_2}{y_2}$	$\frac{x_3}{y_3}$	$\frac{x_4}{y_4}$	$\frac{x_5}{y_5}$	$\frac{x_6}{y_6}$	$\frac{x_7}{y_7}$	$\frac{x_8}{y_8}$	$\frac{x_9}{y_9}$	$\frac{x_{10}}{y_{10}}$
			$\frac{x_1}{y_1}$	$\frac{x_2}{y_2}$	$\frac{x_3}{y_3}$	$\frac{x_4}{y_4}$	$\frac{x_5}{y_5}$	$\frac{x_6}{y_6}$	$\frac{x_7}{y_7}$	$\frac{x_8}{y_8}$	$\frac{x_9}{y_9}$	$\frac{x_{10}}{y_{10}}$
1	Схемы 1, 2 	8	0	0	850	950	1200	1200	1980	1980		
2	Схемы 3, 4 	10	0	0	11,5	11,5	21,4+	21,4+	11,5	11,5	0	
3	Схемы 5, 6 	8	0	0	729	729	979	979	1079	1079	1929	
4	Схемы 7, 8 	10	0	0	11,5	11,5	21,4+	21,4+	6,2	6,2	0	
5	Схемы 9, 10, 11 	8	0	0	11,5	11,5	21,4+	21,4+	6,2	6,2	0	
6	Схемы 12, 13, 14 	8	0	0	400	1058	1458	1558	2408	2408		

Продолжение табл. 2.1

№ фигу- ры	Координаты	Число вершин	$\frac{x_1}{y_1}$	$\frac{x_2}{y_2}$	$\frac{x_3}{y_3}$	$\frac{x_4}{y_4}$	$\frac{x_5}{y_5}$	$\frac{x_6}{y_6}$	$\frac{x_7}{y_7}$	$\frac{x_8}{y_8}$	$\frac{x_9}{y_9}$	$\frac{x_{10}}{y_{10}}$
			Вид фигуры									
7	Схемы 15, 16, 17, 18	5	8	0	0	850	950	1200	1300	1979	1979	
8	Схемы 19, 20, 21	4	8	0	11,5	11,5	18+	18+	11,5	11,5	0	
9	Схемы 22, 23, 24	5	6	0	11,5	11,5	18+	18+	1006	1856	1856	
10	Схемы 25, 26	4	6	0	11,5	11,5	21,4+	21,4+	0			
11	Схемы 27, 28	4	8	0	11,5	11,5	21,4+	21,4+	1456	1552	1952	
12	Схема 29	4	7	0	11,5	11,5	21,4+	21,4+	1625	2025	2025	

Окончание табл. 2.1

№ фигу- ры	Вид фигуры	Координаты	Число вершин	$\frac{x1}{y1}$	$\frac{x2}{y2}$	$\frac{x3}{y3}$	$\frac{x4}{y4}$	$\frac{x5}{y5}$	$\frac{x6}{y6}$	$\frac{x7}{y7}$	$\frac{x8}{y8}$	$\frac{x9}{y9}$	$\frac{x10}{y10}$
				$\frac{x1}{y1}$	$\frac{x2}{y2}$	$\frac{x3}{y3}$	$\frac{x4}{y4}$	$\frac{x5}{y5}$	$\frac{x6}{y6}$	$\frac{x7}{y7}$	$\frac{x8}{y8}$	$\frac{x9}{y9}$	$\frac{x10}{y10}$
13	Схема 30		8	0	0	1079	1179	1525	1625	2025	2025		
14	Схемы 31, 32		7	0	0	1054	1154	1404	1504	1504			
15	Схемы 33, 34		7	0	0	1079	1179	1525	1625	1625			
16	Схема 35		6	0	0	1589	1689	1939	1939				
17	Схемы 36, 37		6	0	0	983	1223	1483	1483				

2.5.4. Расчет сравнительного пробега местных вагонов

Сравниваемые варианты схем станций отличаются пробегом местных вагонов. Время пробега местного вагона может быть определено выражением:

$$l = l_c + l_p + l_y + l_o, \quad (2.34)$$

где l_c — расстояние перемещения местного вагона в процессе сортировки, м;

l_p — в процессе подачи на ГД, м;

l_y — в процессе уборки с ГД на пути ПОП, м;

l_o — при обслуживании ГД, м.

В свою очередь

$$l_c = l_{\text{ПОП-вп}} + l_{\text{вп-СП}}, \quad (2.35)$$

где $l_{\text{ПОП-вп}}$ — расстояние перемещения состава передаточного поезда из ПОП на вытяжной путь, м;

$l_{\text{вп-СП}}$ — среднее расстояние между центром вытяжного пути (пути ПОП, если СП последователен ПОП) и центром СП, м.

При последовательном расположении СП и ПОП, когда расформирование состава передаточного поезда осуществляется непосредственно с одного из путей ПОП $l_{\text{ПОП-вп}} = 0$. При параллельном расположении парков $l_{\text{ПОП-вп}} \approx 15m_c$.

С учетом повторности сортировки

$$l_{\text{вп-СП}} = \left(\frac{15m_c}{2} + 150 + l_{\text{гСП}} + \frac{l_{\text{СП}}}{2} \right) (1 + F), \quad (2.36)$$

где 150 — расстояние от предельного столбика ПОП до горба горки или от горба горки до конца остряка стрелки вытяжного пути, ведущей в ПОП, м;

$l_{\text{гСП}}$ — длина горловины СП, м.

Введем параметр $L1$ ($L1 = 1$ при параллельном расположении приемо-отправочного и сортировочного пунктов, $L1 = 0$ при последовательном) и получим

$$l = L1 \cdot 15m_c + \left(\frac{15m_c}{2} + 150 + l_{\text{гСП}} + \frac{l_{\text{СП}}}{2} \right) (1 + F). \quad (2.37)$$

Учитываемое расстояние, которое проходит в среднем один местный вагон при подаче из СП на ГД, зависит от вида взаимного расположения ГД и СП, а также доли местных вагонов, поступающих на ГД, и определяется выражением:

$$l_{\text{п}} = \alpha_{\text{ГД}} (L2 \cdot l_{\text{гр}} + l_{\text{гр}} + l_{\text{пв}}), \quad (2.38)$$

где $L2$ — параметр, характеризующий вид взаимного расположения ГД и СП ($L2 = 1$, если ГД параллелен СП, $L2 = 0$ при последовательном расположении ГД и СП);

$l_{\text{пв}}$ — расстояние между парком и местом производства грузовых работ, м.

Сравнительное расстояние (в среднем на один местный вагон) при уборке вагонов с путей ГД в ПОП зависит от вида взаимного расположения ГД и ПОП. Оно определяется выражением:

$$l_y = \alpha_{\text{ГД}} (L3 \cdot l_{\text{гСП}} + L4 \cdot 150 + L5 \cdot l_{\text{гСП}} + L6 \cdot l_{\text{сп}}), \quad (2.39)$$

где $L3, L4, L5, L6$ — параметры, показывающие, сколько раз местный вагон прошел то или иное расстояние в процессе уборки с ГД на пути ПОП.

Значения параметров L , характеризующих сравнительное расстояние пробега местных вагонов, однозначно определяются схемой станции. Их числовые значения занесены в файл исходных данных.

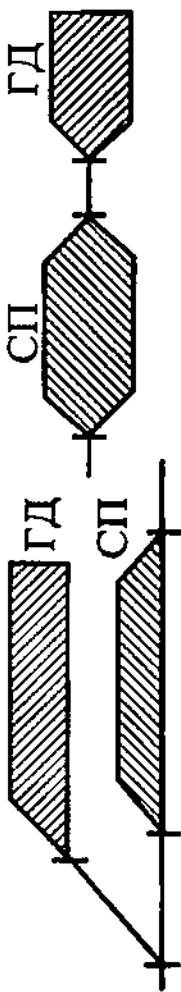
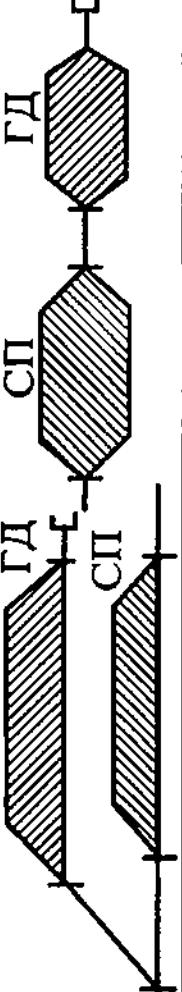
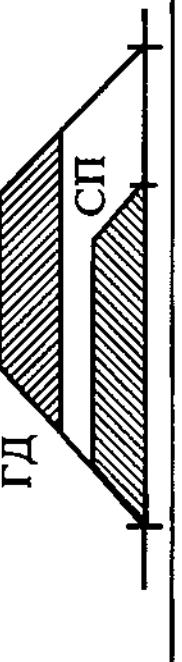
Часть местных вагонов переставляется внутри ГД. Расстояние этого пробега зависит от длины переставляемого состава внутри двора ($l_{\text{пер}}$) и участка ГД, в пределах которого производится перестановка (x_{Γ}). Используя [18], сравнительное расстояние пробега (в среднем на один местный вагон) при перестановке внутри различных типов ГД определяется выражениями, приведенными в табл. 2.2.

Сокращение пробега вагонов на ГД со сквозными путями связано с возможностью перестановки вагонов внутри ГД с двух сторон, а для сквозных ГД также и за счет возможности перестановки вагонов в стационарные парки с двух сторон.

2.5.5. Представление показателя поточности перемещения вагонов на множестве схем станций

Среднее число изменений направления движения вагонов, приходящееся на один перерабатываемый на станции местный вагон, определяется соотношением:

Таблица 2.2

Тип ГД	Схема взаимного расположения ГД и СП	Сравнительные величины пробегов вагонов внутри ГД	
		(на один местный вагон) l , м	
Тупиковый		$\alpha_{\Gamma D} \cdot \alpha_{\Gamma D}^n \left(x_R \cdot l_{\Gamma D} + \frac{l_{\text{пер}}}{2} \right)$	
Со сквозными путями		$\alpha_{\Gamma D} \cdot \alpha_{\Gamma D}^n \left(\frac{x_R \cdot l_{\Gamma D}}{2} + \frac{l_{\text{пер}}}{2} \right)$	
Сквозной		$\alpha_{\Gamma D} \cdot \alpha_{\Gamma D}^n \left(\frac{x_R \cdot l_{\Gamma D}}{2} + \frac{l_{\text{пер}}}{4} \right)$	

Примечание: В формулах $\alpha_{\Gamma D}^n$ — для местных вагонов, перевозимых внутри ГД; $L_{\Gamma D}$ — длина ГД, м.

$$I_{\text{ср}} = \frac{\sum I}{n}, \quad (2.40)$$

где $\sum I$ — суммарное число изменений направления движения вагонов, которое складывается из числа изменений движения вагонов в процессе сортировки (I_c), подачи (I_p) и уборки с ГД (I_y).

Значение $\sum I$ определяется следующим образом:

$$\sum I = I_c + I_p + I_y, \quad (2.41)$$

$$I_c = \alpha_1 \cdot n + 2n_{\text{мн}}, \quad (2.42)$$

$$I_p = \alpha_2 \cdot n_{\text{ГД}}, \quad (2.43)$$

$$I_y = \alpha_4 \cdot \alpha_3 \cdot n_{\text{ГД}} + \alpha_5 (n_{\text{ГД}} + n_{\text{ГД.туп}}), \quad (2.44)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ — коэффициенты, показывающие, сколько раз изменяет направление движения вагон в процессе обработки на станциях различных схем;

$n_{\text{мн}}$ — число многократно перерабатываемых вагонов;

$n_{\text{ГД}}$ — число вагонов, поступающих на ГД;

$n_{\text{ГД.туп}}$ — число вагонов, перерабатываемых на тупиковых путях ГД.

Так как $n_{\text{мн}} = n \cdot F$, а $n_{\text{ГД}} = n \cdot \alpha_{\text{ГД}}$, то

$$n_{\text{ГД.туп}} = n_{\text{ГД}} \cdot \alpha_{\text{ГД.туп}} = n \cdot \alpha_{\text{ГД}} \cdot \alpha_{\text{ГД.туп}}, \quad (2.45)$$

где $\alpha_{\text{ГД.туп}}$ — доля местных вагонов, обслуживаемых на тупиковых путях ГД, от числа вагонов, перерабатываемых на ГД.

Таким образом, значение пятого критерия определяется выражением:

$$I = \alpha_1 + \alpha_{\text{ГД}} [\alpha_2 + \alpha_3 \cdot \alpha_4 + \alpha_5 (1 + \alpha_{\text{ГД.туп}})] + 2F. \quad (2.46)$$

Значения коэффициентов α , характеризующих влияние схемы станции на поточность передвижения вагонов, однозначно определяются компоновкой станционных элементов. Их числовые значения заносятся в файл исходных данных.

3. РАСЧЕТ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

3.1. Блок-схема алгоритма выбора рациональных схем станций

На рис. 3.1 представлена упрощенная блок-схема автоматизированного выбора рациональных схем грузовых станций общего пользования. Расчет критериев производится в строгой последовательности, так как значение одного критерия влияет на значение другого (например, при расчете сравнительного простоя местного вагона должен быть известен его пробег). В файл постоянных исходных данных записаны признаки 37 принципиальных схем, поэтому переход к другому номеру схемы станции производится после рассмотрения на каждой станции обеих систем расформирования. После расчета критериев по каждой станции их значения вносятся в оптимизационную матрицу, которая формируется по окончании перебора всех вариантов схем станций.

Непосредственно автоматизированный выбор рациональных схем станций осуществляется при работе с оптимизационной матрицей. Задав вектор концепций схем станции, получают рациональную для данного вектора предпочтений схему станции. Изменяя приоритеты критериев, определяют некоторое множество схем станций и принимают какую-либо из них к проектированию. Если требуется изменить исходные данные (наиболее часто это суточный вагонопоток или число грузовых фронтов на станции при исследовании динамики роста перевозок), то необходимо вновь сформировать оптимизационную матрицу и перейти к процессу оптимизации по Парето.

Как видно из блок-схемы, перед расчетом критериев предусмотрено определение числа передаточных поездов, прибывающих на станцию, и числа вагонов и отцепов в составах передаточных поездов, так как значения этих величин являются одинаковыми для всех схем станций.

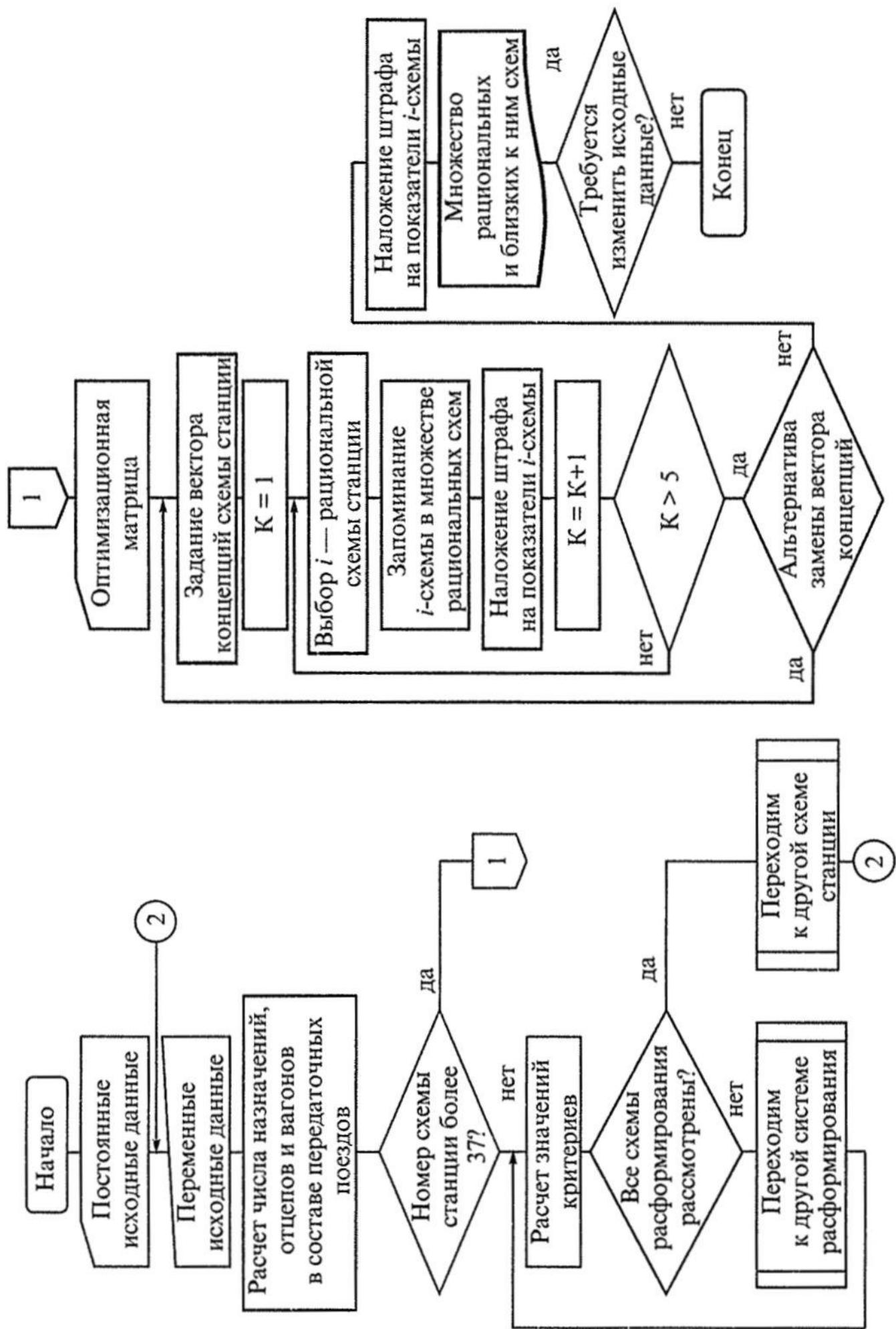


Рис. 3.1. Упрощенная блок-схема автоматизированного выбора рациональных и близких к ним схем грузовых станций общего пользования

3.2. Аналитические методы и программы, реализующие алгоритм

Так как передаточные поезда между сортировочной и грузовой станциями обращаются с переменным числом вагонов в составе, то расчет размеров движения производится через длину оптимального состава. Расчет оптимального числа вагонов в составе производится с учетом минимальных расходов на локомотиво- и вагоно-часы в передаточном движении и внутримесячной неравномерности вагонопотока по формуле:

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{n \cdot K_h (2L + V_p \cdot t_{\text{ст}}) e_{\text{л-ч}}^{\text{п}}}{24V_p \cdot e_{\text{в-ч}}}}, \quad (3.1)$$

где n — среднесуточный вагонопоток между грузовой и сортировочной станциями;

K_h — коэффициент внутримесячной неравномерности вагонопотока;

L — длина перегона между сортировочной и грузовой станциями, км;

V_p — средняя скорость движения передаточных поездов, км/ч;

$t_{\text{ст}}$ — продолжительность нахождения локомотива на сортировочной и грузовой станциях за время одного оборота, ч;

$e_{\text{л-ч}}^{\text{п}}$, $e_{\text{в-ч}}$ — приведенные стоимости поездного локомотиво-часа и вагоно-часа, руб./лок.-ч и руб./ваг.-ч соответственно.

Рассчитанное число вагонов в составе передаточного поезда может приниматься равным значению среднего состава при проектировании новых грузовых станций, однако при расчете путевого развития грузовых станций общего пользования число вагонов в составе передаточного поезда рекомендуется принимать равным

$$m = m_{\text{опт}} + 1,5\sigma, \quad (3.2)$$

где σ — среднее квадратическое отклонение числа вагонов в составах передаточных поездов от средней величины передачи.

В работе [23] установлено, что $\sigma = 1,06 \cdot m_{\text{опт}}^{0,64}$, тогда

$$m = m_{\text{опт}} + 1,59 \cdot m_{\text{опт}}^{0,64}. \quad (3.3)$$

Расчетное число прибывающих на грузовую станцию передаточных поездов определяется выражением:

$$N_{\Gamma} = \frac{365 \cdot n}{m_{\text{опт}}}. \quad (3.4)$$

Среднее число назначений местных вагонов в составе передаточных поездов может быть определено по формуле [24]:

$$n = n_{\text{общ}} - \sum_{i=1}^{n_{\text{общ}}} \left(1 - \frac{N_i}{n} \right)^{g_c}, \quad (3.5)$$

где $n_{\text{общ}}$ — общее число назначений вагонов в составах передаточных поездов (число грузовых фронтов на станции), шт.;

N_i — мощность вагонопотока на i -й пункт назначения, ваг./сутки.

Как показано в работе [24] среднее число отцепов в составах передаточных поездов с достаточной степенью точности может быть определено по формуле:

$$g_c = \frac{m}{m_{\text{сц}}} \left[1 - \sum_{i=1}^{n_{\text{общ}}} \left(\frac{N_i}{n} \right)^2 \right], \quad (3.6)$$

где $m_{\text{сц}}$ — среднее число вагонов в отцепе.

В системе автоматизированного проектирования предусматривается расчет путевого развития сортировочных парков грузовых станций общего пользования на основе методики, разработанной профессором Сологубом Н.К. [14]. При этом, принципиально не изменяя методику, в схеме станции при расчете оптимального числа сортировочных путей учитывается взаимное расположение станционных элементов. Достигается это за счет того, что при расчете требуемого числа маневровых локомотивов учитывается разное время обслуживания грузового двора с учетом подачи и уборки групп вагонов, а при определении времени расформирования составов передаточных поездов — вид взаимного расположения приемоотправочного и сортировочного парков. Расчетный уровень загрузки маневровых локомотивов может приниматься равным 0,70—0,80. При загрузке маневровых локомотивов выше 0,9 возникает потребность

в затратах на дополнительные маневровые средства, что, соответственно, ведет к увеличению стоимостного критерия. При загрузке маневровых локомотивов выше расчетной (но не выше 0,9) учитываются расходы на дополнительный простой местных вагонов.

Произведенные расчеты для среднесетевых условий позволили установить оптимальное число сортировочных путей (с принятой длиной 200 м) в зависимости от суточной вагонопереработки и числа фронтов погрузки-выгрузки (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Оптимальное число сортировочных путей на грузовой станции общего пользования

Среднесуточный объем вагонооборота	Число назначений подборки вагонов											
	8		12		16		20		24		28	
	ВП	ГММ	ВП	ГММ	ВП	ГММ	ВП	ГММ	ВП	ГММ	ВП	ГММ
50	2	2	2—3	2	3	2—3	3	2—3	3	3	3	3
100	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3—4	4	3—4
150	4	4	4	4	4—5	4	4—5	4	5	4	5	4—5
200	4	4	4—5	4	5	4—5	5—6	5	6	5	6	5—6
250	5	4	5—6	4—5	6	5	6	5	6—7	5	7	5—6
300	5	5	6	5—6	6	6	6—7	6	7	6	7	6—7
350	5—6	5	6	5—6	7	6—7	7—8	7	8	7—8	8—9	8
400	8	8	7—8	6—7	7—8	7	8	7	8—9	7—8	9	8—9

Примечание: ВП — расформирование на вытяжном пути осаживанием; ГММ — на горке малой мощности.

Первая версия программного обеспечения выбора рациональных схем станций была реализована с использованием алгоритмического языка Бейсик на ЭВМ СМ-1800, следующая — на ИВМ совместимых компьютерах.

Основная программа осуществляет расчеты критериев и оптимизационной матрицы, а также вывод на печать исходных данных, необходимых для проектирования, и результатов расчетов.

Процедуру анализа по Парето реализует самостоятельная программа, которая выдает варианты рациональных схем станции для заданного вектора концепций.

Задав вектор концепций и определив рациональную схему грузовой станции, ее параметры «штрафуют» путем увеличения на поря-

док их значений. После этого повторяется процесс оптимизации. Пятикратное обращение к программе, реализующей компромисс Парето, при фиксированном значении вектора концепций, позволило выявить не только рациональные, но и близкие к ним схемы станций, установить сферы их применения и обосновать этапы развития грузовых станций общего пользования.

3.3. Анализ расчетов критериев станций

Для исходных данных, близких к среднесетевым, и величины вагонопотока с сортировочной на грузовую станцию, равной 50, 100, ..., 350, 400 вагонов в сутки, были рассчитаны значения критериев для каждой станции и сформированы оптимизационные матрицы.

При этом общее число грузовых фронтов на грузовой станции принято равным двадцати, а разложение вагонопотоков моделировалось по нормальному закону распределения (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Случайное разложение вагонопотока, прибывающего на грузовую станцию

Грузовые фронты	Среднесуточный вагонопоток							
	50	100	150	200	250	300	350	400
1	1	3	3	10	10	28	7	23
2	2	4	6	13	17	16	2	24
3	4	8	13	12	14	22	9	4
4	4	7	11	7	17	3	23	37
5	6	11	17	15	15	9	20	28
6	2	5	7	14	17	5	23	16
7	1	2	3	5	21	7	18	11
8	1	1	2	11	15	4	14	18
9	1	2	3	6	7	23	23	34
10	2	5	7	17	4	21	20	8
11	2	4	6	5	19	10	20	3
12	1	2	3	2	20	18	17	14
13	1	1	2	21	6	25	27	31
14	3	6	9	1	2	27	27	6
15	4	7	11	1	1	7	28	29
16	6	12	18	9	19	20	4	9
17	1	1	1	13	18	12	4	40
18	2	5	7	11	8	22	11	30
19	4	8	13	7	3	10	25	1
20	2	6	8	20	17	11	28	34

Полученные расчетные значения числа вагонов, назначений и отцепов в составах передаточных поездов представлены в табл. 3.3. Они одинаковы для всех вариантов схем станций.

Таблица 3.3

**Расчетные значения числа вагонов, назначений и отцепов
в составах передаточных поездов**

Параметры передаточных поездов	Среднесуточный местный вагонопоток с сортировочной на грузовую станцию в месяц максимальной работы							
	50	100	150	200	250	300	350	400
Оптимальное количество вагонов	9	13	16	19	21	23	25	27
Расчетное количество вагонов	15	21	25	29	32	35	37	40
Число назначений вагонов	6	8	9	10	11	11	12	12
Число отцепов	9	12	15	17	19	20	22	23

На основании данных расчетов построены графики, выражающие зависимость принятых критериев от объема вагонопереработки на грузовой станции общего пользования (рис. 3.2 — 3.6).

Анализ указанных графиков позволяет сделать следующие выводы:

1. Разница стоимостного критерия (см. рис. 3.2) изменяет свое значение на множестве схем от 140 тыс. руб. (при объеме работы 50 вагонов в сутки) до 163 тыс. руб. (при объеме работы 400 вагонов).

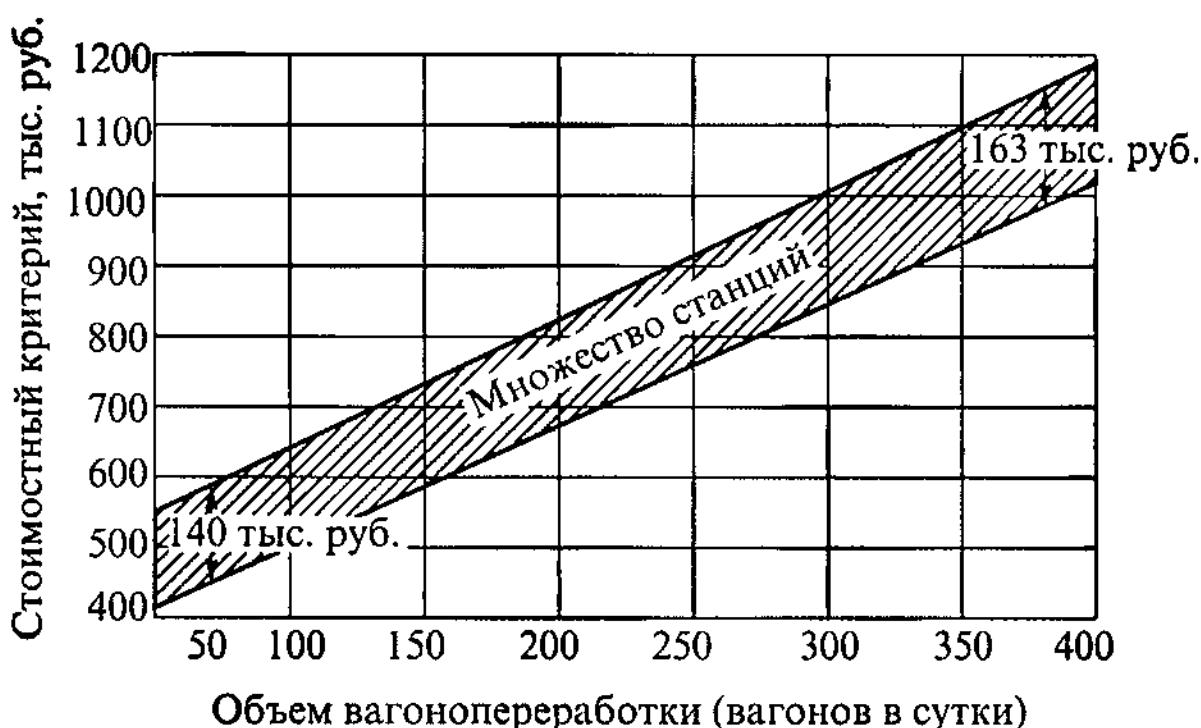


Рис. 3.2. Зависимость стоимостного критерия множества схем от среднесуточной вагонопереработки на станции

Относительно небольшой рост значения первого критерия объясняется тем, что, например, рост объемов вагонопереработки значительно опережает необходимое усиление путевого развития станций. Следовательно, с точки зрения стоимостного критерия можно проектировать грузовые станции по любой из предложенных к рассмотрению схем.

2. Взаимное расположение элементов станций оказывает существенное влияние на продолжительность сравнительного времени нахождения местного вагона на станции (см. рис. 3.3). При сравнительно небольших объемах переработки местного вагонопотока на рациональных схемах станций и на станциях с неудачным расположением парков относительно друг друга различие в этом показателе невелико (менее часа); при объемах переработки более 150—200 вагонов в сутки разница во времени нахождения вагонов под технологическими операциями (включая и перемещение по станционным путям) достигает полутора часов. Таким образом, при суточной переработке 250—300 вагонов и более одна станция с рациональной схемой может дать экономию более 150 тысяч вагоно-часов в год. Причем, при любом объеме работы можно найти такую схему станции, которая бы обеспечивала минимальное значение данного критерия.

3. Такой важный показатель, как длина сравнительного пробега (в расчете на один местный вагон), также сильно зависит от схем станций (см. рис. 3.4). Причем, при росте объемов работы разрыв в длине

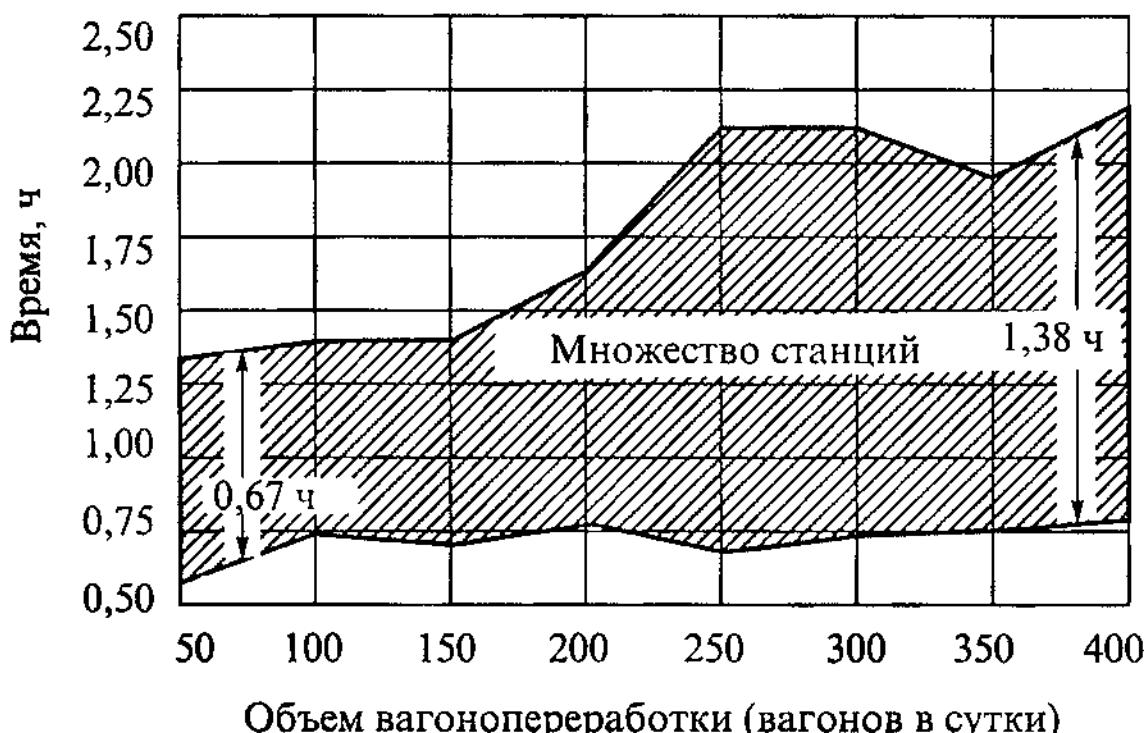


Рис. 3.3. Зависимость сравнительного времени нахождения местного вагона на станции от среднесуточной вагонопереработки

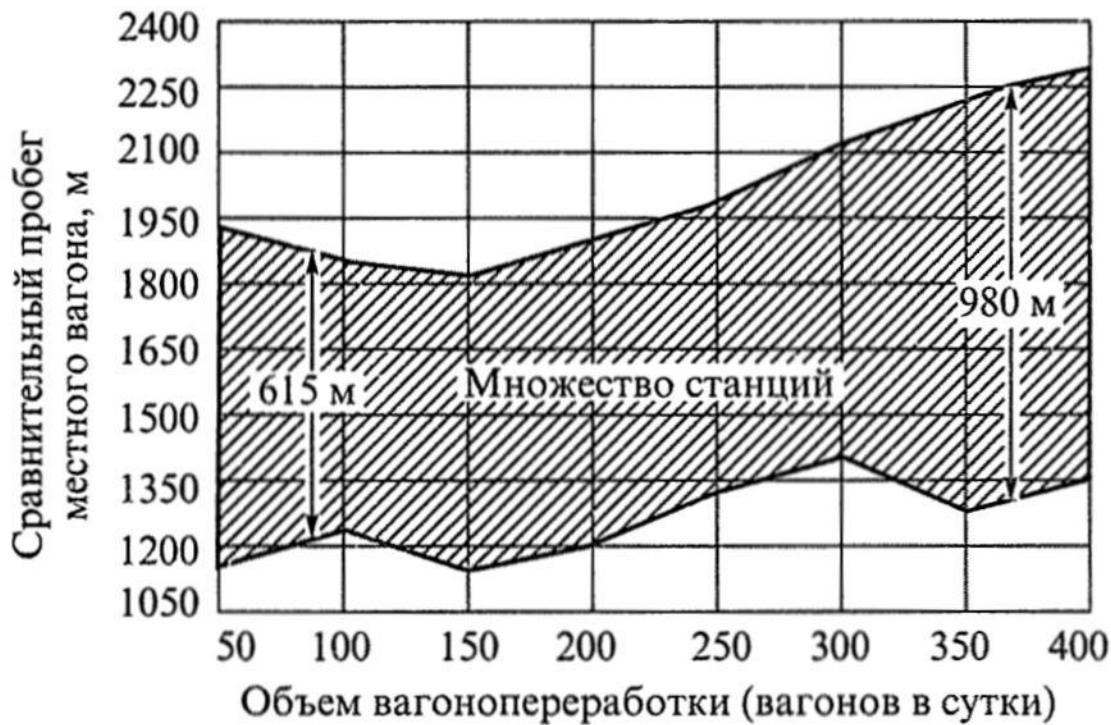


Рис. 3.4. Зависимость длины сравнительного пробега местного вагона от среднесуточной вагонопереработки на станции

пробега вагона на рациональных и нерациональных схемах возрастает и достигает почти 1 км. Сокращение пробега вагонов на станции с rationalной схемой дает экономию более 120 тыс. руб. в год¹.

4. Сравнительная площадь, требуемая для сооружения грузовой станции общего пользования (см. рис. 3.5), возрастает пропорционально росту объемов работы. Разница между площадями станций

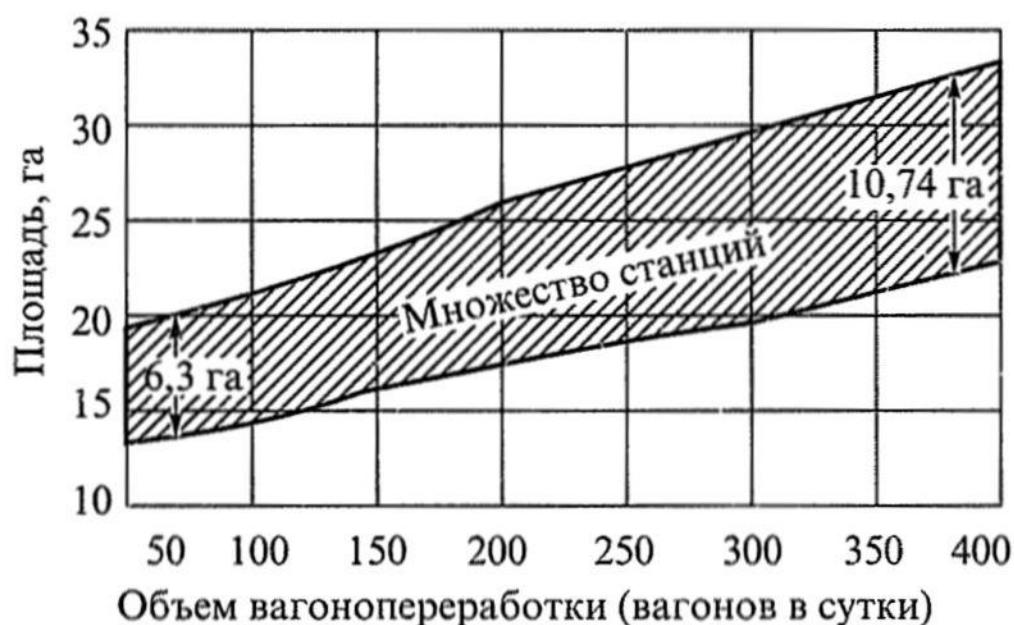


Рис. 3.5. Зависимость площади, требуемой для сооружения станции, от среднесуточной вагонопереработки на станции

¹Далее и здесь в ценах 1988 г.

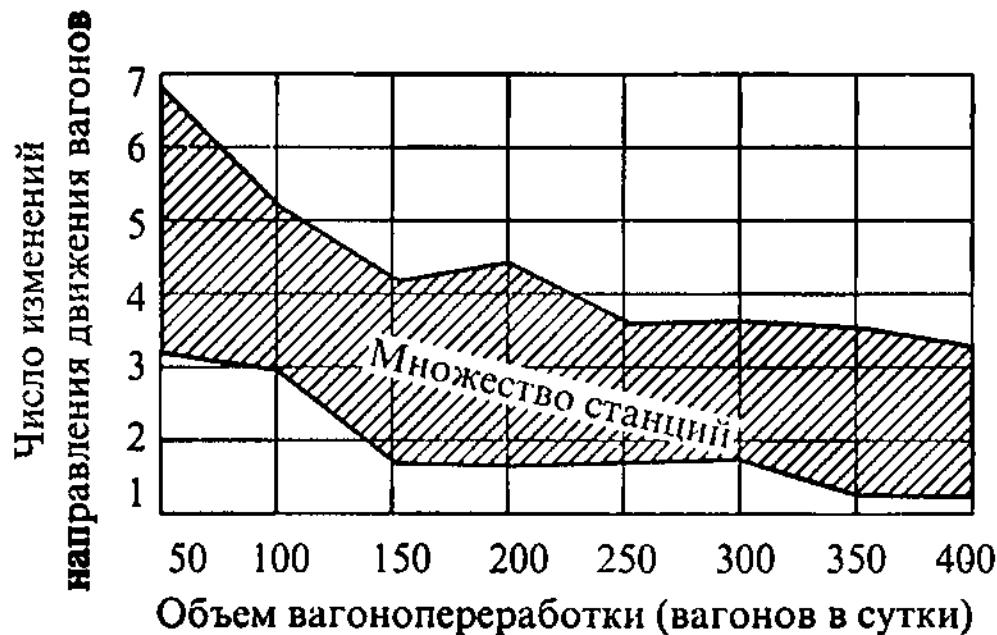


Рис. 3.6. Зависимость числа изменений направления движения вагонов, приходящихся на один местный вагон, от среднесуточной вагонопереработки на станции

колеблется от 6,3 га при объеме работы 50 вагонов в сутки до 10,74 га при среднесуточной переработке 400 вагонов. Для размещения таких станций в черте крупных городов уменьшение их площади имеет важное архитектурно-планировочное и стоимостное значение.

5. Число изменений направления движения вагонов (из расчета на один местный вагон) при росте вагонопереработки на станции понижается и достигает 1,2 на станциях с поточной технологией и 3,2 на нерациональных станциях (при объеме работы 400 вагонов в сутки) (см. рис. 3.6). Большие значения величин этих показателей при малых потоках объясняются многократной сортировкой вагонов на малом числе сортировочных путей. Рост числа путей в сортировочном парке с увеличением объемов работы ведет к снижению значения пятого критерия.

6. При назначении вектора концепций схем станций первостепенное значение должно быть отдано второму, четвертому и первому критериям, как наиболее значимым и зависимым от схемы станции.

3.4. Процедура выбора рациональных схем грузовых станций общего пользования

Процесс выбора рациональных по Парето схем станций путем перебора достаточного числа векторов λ был произведен для каждой сформированной оптимизационной матрицы, соответствующей определенному вагонопотоку, поступающему на грузовую станцию (50, 100...350, 400 вагонов).

Анализ показал, что наибольшая степень зависимости схем станций от критериев наблюдается по стоимостному показателю, сравнительному времени нахождения местного вагона на станции и сравнительному пробегу вагона, поэтому при назначении векторов концепций схем станции приоритет отдается вышеназванным критериям.

При ограничениях $\lambda_3 \leq 0,05$ и $\lambda_5 \leq 0,05$ весовые коэффициенты стоимостного критерия λ_1 , сравнительного времени нахождения местного вагона на станции λ_2 и сравнительного пробега, приходящегося на один вагон λ_4 , варьировались в интервале 0,2—0,55. Изменение в этой области вектора λ с шагом 0,05 позволило выявить схемы станций, удовлетворяющие компромиссу Парето при предпочтении первого, второго и четвертого критериев.

Для более полного представления о влиянии на выбор рациональных схем станций качественного критерия и размеров станционной площадки в десяти случаях вектор λ назначался с достаточно высокими весами λ_3 и λ_5 , при этом допускалось обнуление какого-либо веса λ_i .

Как уже отмечалось, чтобы найти точку Парето при определенном λ , не назначался сразу другой вектор, а процесс оптимизации повторялся с уже назначенным вектором, только параметры рациональной по Парето станции «штрафовались». Такой прием позволил выявить близкие к рациональным схемы станции и установить сферы их применения.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СФЕР ПРИМЕНЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ И ЭТАПОВ ИХ РАЗВИТИЯ

4.1. Сфера применения рациональных схем станций и этапы их развития

Полученные результаты расчетов сведены в таблицу 4.1. Ее анализ позволил определить сферы применения различных схем грузовых станций общего пользования и этапы их развития.

Таблица 4.1

Уровни предпочтения по Парето	Множество рациональных и близких к ним грузовых станций общего пользования при среднесуточном местном вагонопотоке с сортировочной на грузовую станцию за месяц максимальной работы							
	50	100	150	200	250	300	350	400
I*	100200-Г	100210-Г	100210-Г	100210-Г	111210-Г	111210-Г	111210-Г	111211-Г
II	100201-Г	100211-Г	100211-Г	100211-Г	101012-Г	101012-Г	101012-Г	111210-Г
III	100211-Г	100200-Г	111210-В	100211-Г	111211-Г	111211-Г	111211-Г	101012-Г
IV	100210-Г	100201-Г	100201-Г	101012-В	111201-Г	111210-В	111211-Г	100211-В
V	100211-В	100211-В	111210-Г	111211-В	100211-Г	011111-Г	100211-В	111210-Г

* станции, рациональные по Парето

Примечание: Г — горка малой мощности; В — вытяжной путь.

Если известен расчетный вагонопоток, то по таблице можно выбирать оптимальную схему грузовой станции первого уровня предпочтения. Например, при прибытии на станцию 100 вагонов в сутки рациональной по Парето будет схема 100210-Г. Используя ранее принятую кодировку, определим, что эта схема соответствует станции с последовательным расположением приемо-отправочного и сортировочного парков; тупиковый грузовой двор размещен параллельно сортировочному парку; маневровая работа сосредоточена в одной горловине; расформирование осуществляется с использованием немеханизированной горки малой мощности непосредственно с путей приемо-отправочного парка; на грузовом дворе имеется самостоятельный вытяжной путь.

Затем, учитывая ожидаемый рост вагонопотока, рассматривается целесообразность этой схемы с точки зрения этапов ее развития.

Допустим, что прогнозируемый вагонопоток достигнет 250 вагонов в сутки. Для такого объема работы целесообразно выбрать схему 111210-Г. Сравнение схемы 100210-Г со схемой 111210-Г показывает, что такой переход потребует коренного переустройства станции. Чтобы избежать этого, на втором этапе предпочтительнее выбрать следующую по эффективности схему 101012-Г, которая принципиально сохраняет схему 100210-Г.

Анализ таблицы позволил сделать следующие выводы.

При переработке около 50-ти местных вагонов в сутки грузовые станции крупнейших городов целесообразно проектировать с последовательным расположением приемо-отправочного и сортировочного парков и размещением грузового двора параллельно сортировочному парку. Расформирование составов передаточных поездов осуществляется непосредственно с путей приемо-отправочного парка. После подборки вагонов по назначениям на тупиковых путях сортировочного парка маневровый локомотив вытягивает группу вагонов на свободный приемо-отправочный путь и подает на фронты грузового двора. После подачи вагонов локомотив по свободному приемо-отправочному пути заезжает в хвост подлежащего расформированию передаточного поезда. Желательно предусмотреть возможность параллельного проведения работ по расформированию составов и обслуживанию грузового комплекса (рис. 4.1). На такой станции при переработке до 50-ти вагонов в сутки сооружение сортировочной горки малой мощности не требуется. Необходимость в их оснащении полугорками или немеханизированными горками малой мощности возникает при возрастании местного потока до 100 вагонов в сутки (1).

При дальнейшем росте объемов работы на местах общего пользования и достижении вагонопереработки на станции до 150—200 вагонов в сутки схему грузового двора целесообразно развить в сквоз-

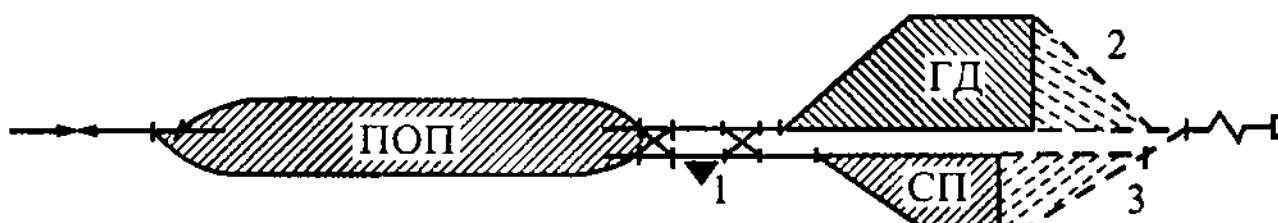


Рис. 4.1. Схема грузовой станции общего пользования с последовательным расположением приемоотправочного и сортировочного парков и параллельным расположением грузового двора и сортировочного парка

ную (2). Это позволит производить расстановку и уборку вагонов с погрузочно-разгрузочных путей с двух сторон грузового двора.

Успешная работа таких станций при дальнейшем росте вагонопотока (до 250—300 местных вагонов в сутки) может быть обеспечена за счет развития сортировочного парка в сквозной и устройства выхода с путей этого парка на вытяжной путь грузового двора (3).

Такая развитая схема (см. рис. 4.1) позволяет ввести дополнительный маневровый локомотив в хвостовую горловину сортировочного парка и полностью изолировать его работу. Подача вагонов из сортировочного парка на грузовой двор, минуя загруженную основную горловину, а также разделение на секции районов грузового двора обеспечивает эффективную работу таких станций при объемах работы до 350 вагонов в сутки.

Если предполагается проектировать грузовую станцию общего пользования при первоначальном местном вагонопотоке более 150 вагонов в сутки и при последующем значительном приросте объемов переработки как на местах общего пользования, так и на примыкающих подъездных путях, то целесообразно парки станций и грузовой двор расположить последовательно. При этом необходимо сразу предусмотреть связь грузового двора с приемо-отправочным парком, минуя сортировочный (рис. 4.2) посредством ходового пути.

Этот путь используется для уборки вагонов с грузового двора на пути приемо-отправочного парка без прекращения маневров по расформированию составов передаточных поездов другим маневровым локомотивом. На станциях, сооружаемых по такой схеме, достигается максимум поточности передвижений вагонов и минимум угловых заездов. Расформирование составов производится непосредственно с путей приемо-отправочного парка. Подача на фронты грузового двора производится с сортировочных путей вагонами вперед. При переработке до 200 вагонов в сутки на станциях с последовательным расположением парков и грузового двора сооружение горок малой мощности не предусматривается. При достижении объема работ до 250 вагонов в сутки целесообразно сооружение горок малой мощности.

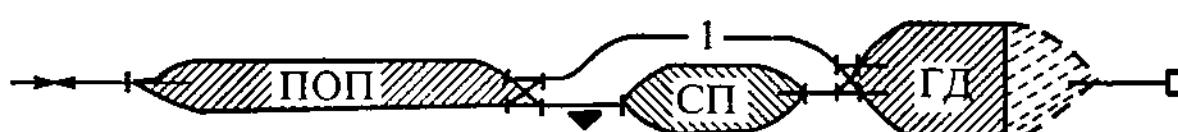


Рис. 4.2. Принципиальная схема грузовой станции общего пользования, рекомендуемая при значительных объемах работы

Для обеспечения высокоэффективной работы станций, сооружаемых по последовательной схеме, при значительных вагонопотоках (400 и более вагонов в сутки) возможно развитие грузового двора по сквозной схеме, что позволит осуществлять маневровую работу в обеих горловинах грузового двора.

Схемы грузовых станций общего пользования с параллельным расположением основных парков и грузового двора (рис. 4.3) можно рекомендовать лишь в исключительных случаях: при незначительных объемах переработки (до 50 вагонов в сутки); при отсутствии достаточной площади для сооружения и развития станции. Станции, сооружаемые по таким схемам, необходимо сразу оборудовать немеханизированными горками малой мощности.

При средних объемах работы (150—250 вагонов в сутки) и невозможности расположить сортировочный парк последовательно приемо-отправочному рекомендуется применять схемы, представленные на рис. 4.4. Данные схемы отличаются тем, что грузовые дворы находятся в отдалении от параллельно расположенных основных станционных парков, благодаря чему можно убирать вагоны с погрузочно-разгрузочных путей грузового двора непосредственно на пути приемо-отправочного парка. На таких станциях устройство горок малой мощности эффективно при среднесуточной переработке свыше 200 местных вагонов.

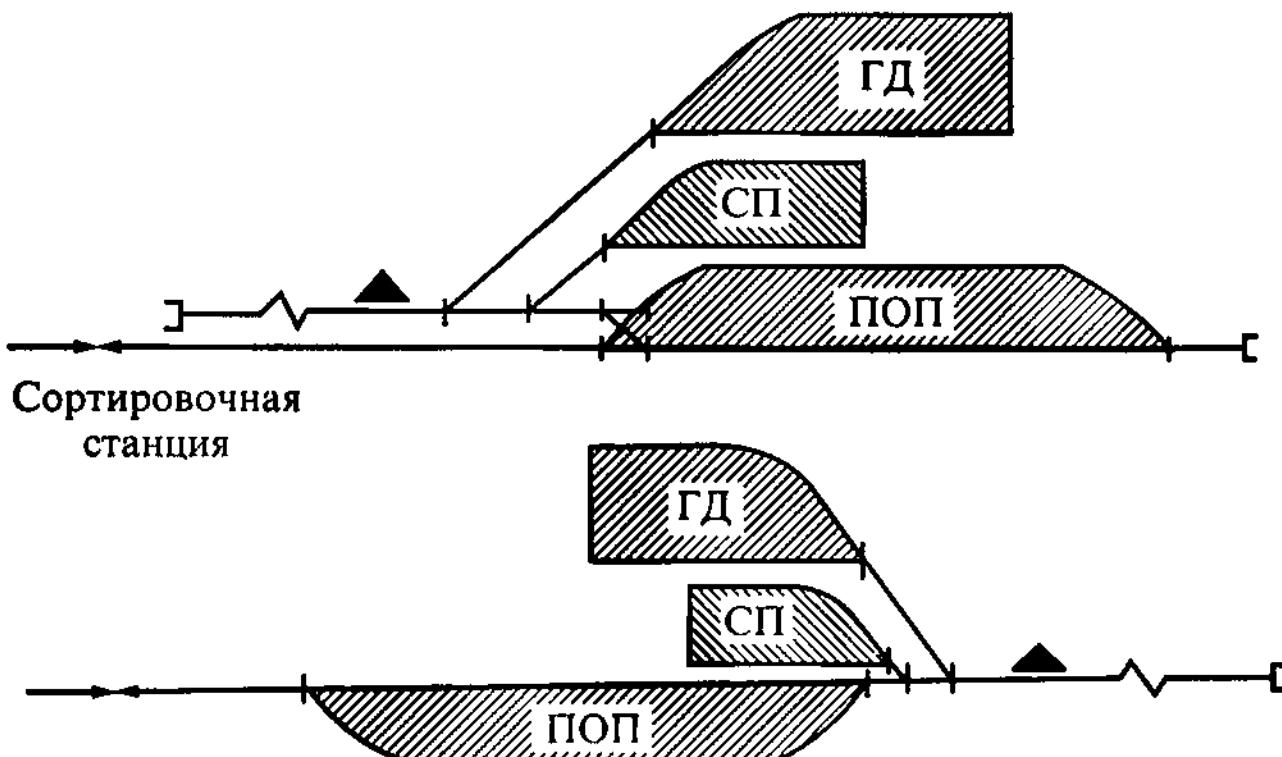


Рис. 4.3. Схемы грузовой станции общего пользования с параллельным расположением парков и ГД

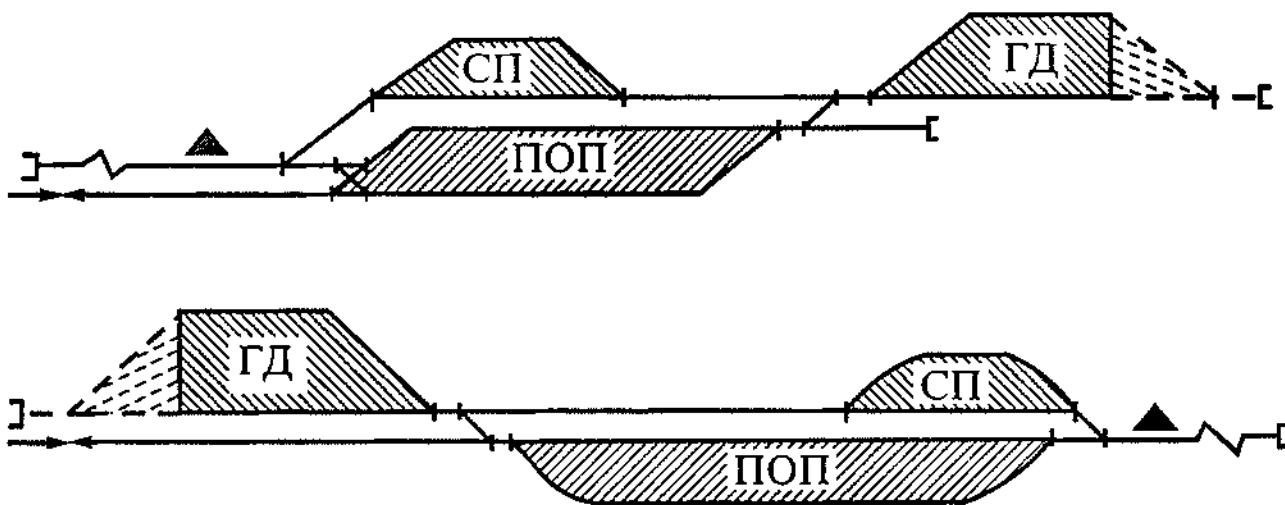


Рис. 4.4. Схемы грузовой станции общего пользования с параллельным расположением ПОП, СП и ГД, удаленным и расположенным последовательно СП

4.2. Сравнительная экономическая оценка предлагаемых вариантов развития схем грузовых станций общего пользования

Дадим экономическую оценку предложенным вариантам развития схем грузовых станций общего пользования.

Первый вариант.

При незначительном начальном объеме местной работы и его постепенном росте грузовая станция проектируется по принципиальной схеме 26 (см. рис. 2.2). Затем, при достижении переработки 100 вагонов в сутки, на станции сооружается горка малой мощности. При увеличении вагонопереработки до 150—200 вагонов в сутки грузовой двор развивается по сквозной схеме. При дальнейшем росте объемов работы сортировочный парк развивается в сквозную схему и устраивается выход с путей сортировочного парка на вытяжной путь грузового двора, и станция приводится к принципиальной схеме 29.

Второй вариант.

При первоначальной среднесуточной переработке более 150 вагонов грузовая станция проектируется с последовательным расположением парков и грузового двора по схеме 34. По достижении объема работы до 250 вагонов в сутки на станции сооружается горка малой мощности.

Данные варианты сравниваем с базовым, в качестве которого может выступать вариант развития грузовой станции общего пользования, имеющей принципиальную схему 12. Такая схема по конструктивным особенностям и технологии работы соответствует схеме 2, ре-

командуемой инструкцией по проектированию станций и узлов [25]. Этапы развития станции предполагают наращивание ее технического оснащения, удорожание грузового двора и оснащение горкой малой мощности при переработке 100 вагонов в сутки в соответствии с требованиями или рекомендациями инструкции [25].

По расчетам базового и двух принятых вариантов развития грузовых станций построены графики, показывающие динамику изменения значений критериев грузовых станций при росте суточной вагонопереработки (рис. 4.5—4.9). Как видно из графиков, по всем принятым критериям предложенные варианты развития схем станций лучше базового.



Рис. 4.5. Стоимостный критерий по сравниваемым вариантам развития грузовых станций

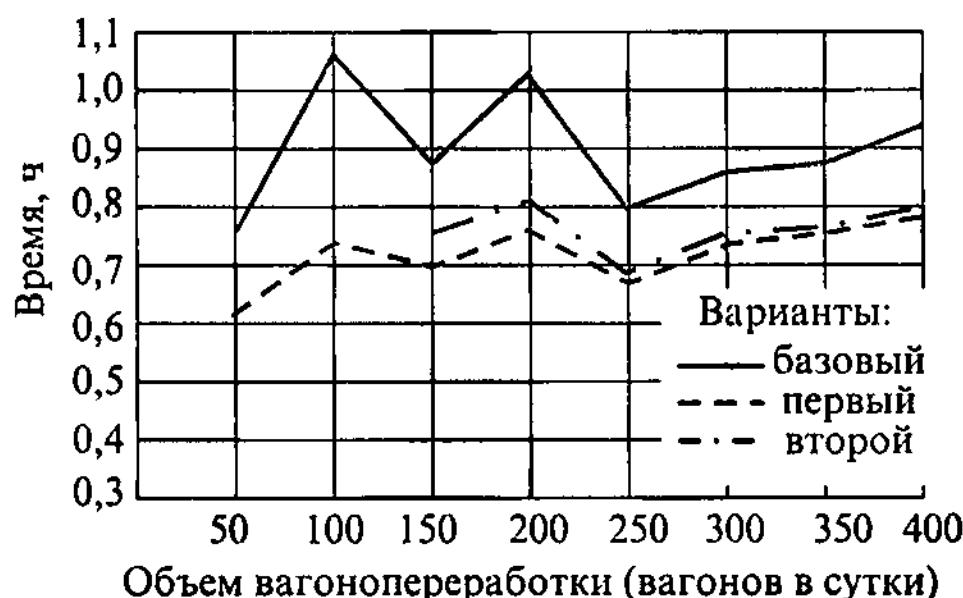


Рис. 4.6. Сравнительное время нахождения местного вагона на станции по сравниваемым вариантам развития грузовых станций



Рис. 4.7. Сравнительный пробег местного вагона по сравниваемым вариантам развития грузовых станций

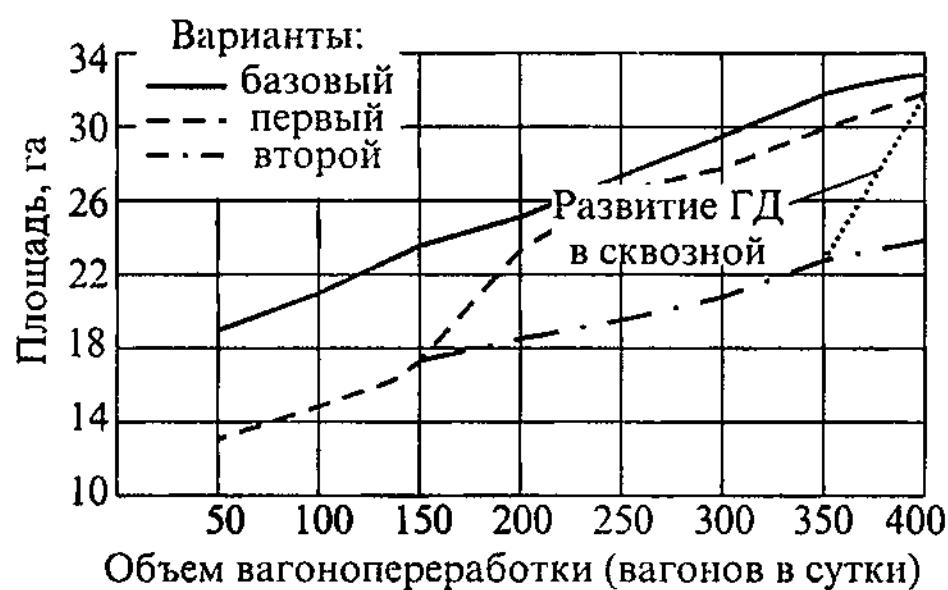


Рис. 4.8. Площадь, требуемая для сооружения станции, по сравниваемым вариантам развития грузовых станций

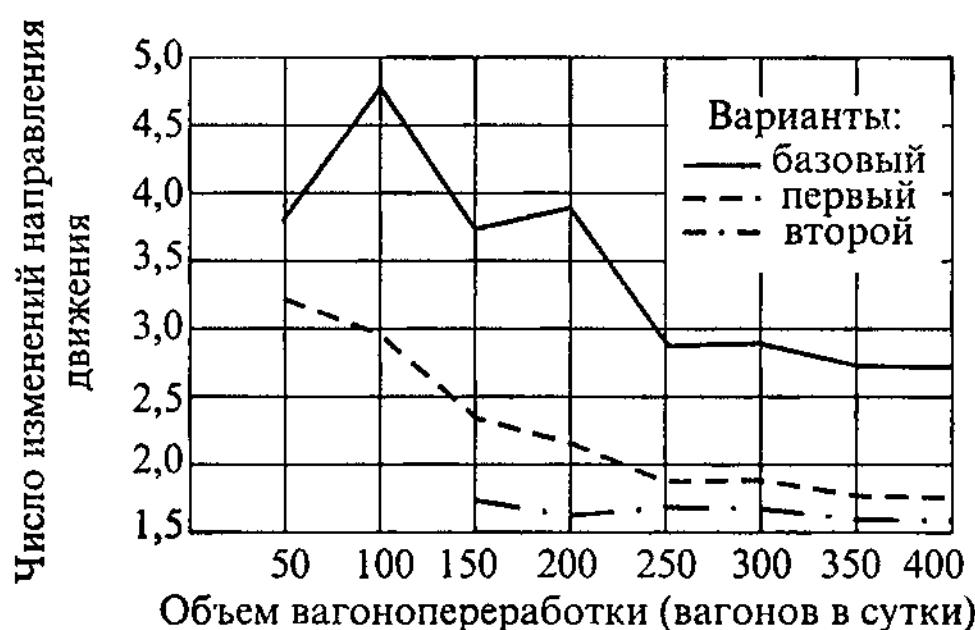


Рис. 4.9. Число изменений направления движения вагонов по сравниваемым вариантам развития грузовых станций

Используя типовую методику технико-экономического сравнения вариантов схем станций и отраслевые стоимостные нормативы, можно рассчитать приведенные затраты по вариантам развития грузовых станций (табл. 4.2). В них вошли сравнительные затраты на сооружение станции, а также эксплуатационные расходы по простою местных вагонов и пробегу маневровых локомотивов. На основе табл. 4.2 построены графики зависимости приведенных затрат от среднесуточной вагонопереработки для сравниваемых вариантов развития схем грузовых станций (рис. 4.10).

Таблица 4.2

Приведенные затраты по различным вариантам развития схем

Варианты развития	Наименование показателя	Среднесуточная вагонопереработка							
		50	100	150	200	250	300	350	400
Базовый	Приведенные затраты, тыс. руб.	529,7	691,7	829,9	988,6	1122,5	1272,5	1436,4	1597,9
предлагаемые	Приведенные затраты, тыс. руб.	465,7	618,1	736,1	876,4	1044,8	1174,2	1318,1	1454,2
	Экономия затрат по сравнению с базовым вариантом, тыс. руб.	64,0	73,6	93,8	112,2	77,7	98,3	118,3	143,7
	Приведенные затраты, тыс. руб.	-	-	763,2	897,6	1017,3	1140,8	1276,2	1404,2
второй	Экономия затрат по сравнению с базовым вариантом, тыс. руб.	-	-	66,7	91,0	105,2	131,7	160,2	193,7
	Экономия приведенных затрат по сравнению с первым вариантом, тыс. руб.	-	-	-27,1	-21,2	27,5	33,4	41,9	50,0

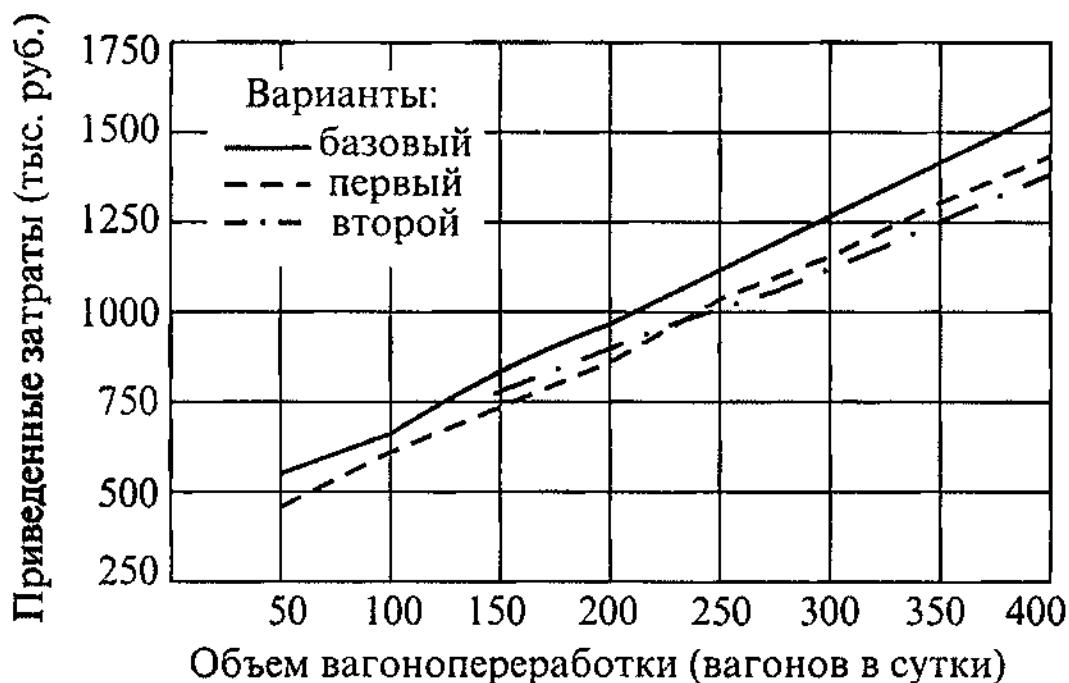


Рис. 4.10. Приведенные народнохозяйственные затраты по сравниваемым вариантам развития грузовых станций

При начальном объеме работы (50 вагонов в сутки) первый предлагаемый вариант по сравнению с базовым дает экономию более 60 тыс. рублей в год. При возрастании потока местных вагонов экономичность предлагаемого варианта развития станции увеличивается и достигает 143,7 тыс. руб. в год при объеме работы до 400 вагонов в сутки.

Предположим, что равномерное увеличение среднесуточной вагонопереработки на грузовой станции составляет 50 вагонов в год. Тогда в течение 8 лет первый предлагаемый вариант развития даст экономию приведенных затрат на сумму 779,6 тыс. руб.

Сооружение и развитие грузовой станции общего пользования по второму предлагаемому варианту при первоначальном объеме работы до 150 вагонов в сутки в первые два года уступает по эффективности развитию станции по первому варианту. Однако за 6 лет при равномерном росте объемов работы сооружение станции по последовательной схеме по сравнению с первым вариантом дает экономический эффект в 104,5 тыс. руб. и в 743,5 тыс. руб. — по сравнению с базовым.

Грузовые станции общего пользования сооружаются на территории крупных и крупнейших городов. Стоимость земель в городской черте очень высока. Так, еще по данным НИИЭСа Госстроя СССР на окраинах городов с населением более 500 тысяч жителей ориентировочная стоимость одного гектара земли составляет 450 тысяч руб-

лей [26]. В связи с этим необходимо стремиться к сооружению станций по схемам, требующим меньшей площади. Как видно из рис. 4.8, оба предлагаемых варианта развития требуют меньшей площади, чем базовый. При среднесуточной переработке 400 вагонов по первому варианту по сравнению с базовым земли требуется на 1,93 га меньше, а по второму (с учетом резервирования места для будущего развития ГД по сквозной схеме) — на 1,73 га. В денежном выражении экономия от рационального использования городских земель по предлагаемым первому и второму вариантам развития схем грузовых станций общего пользования составит соответственно 868,5 и 778,5 тысяч рублей.

5. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА

Предложенный подход решения задачи выбора рациональной схемы грузовых станций общего пользования применим при решении аналогичных задач для других типов станций, что нашло свое подтверждение в разработке схем железнодорожных устройств морских паромных переправ [12]. Аналогичным образом решается задача по выбору рациональных схем пассажирских станций [13]. При этом возможно распространение данного метода на решение задач более высокого уровня — развития железнодорожных узлов и более низкого — проработки горловин станций.

Дальнейшим этапом развития предложенного метода проектирования и выбора рациональных схем станций является разработка имитационных моделей работы станций, имеющих рекомендуемые схемы. Расчеты показателей эксплуатационной работы предлагаемых станций обеспечат более полную оценку качества схем, что важно для принятия окончательного решения.

Заключение

В рамках САПР станций с использованием методов решения многокритериальных задач разработан алгоритм автоматизированного проектирования и выбора рациональных схем станций, основанный на процедуре оптимизации по Парето.

В пособии приведен пример реализации данного алгоритма в САПР схем грузовых станций общего пользования и использования данной системы при установлении сфер применения грузовых станций. Успешное решение данной задачи позволило использовать предложенные схемы рациональных станций при пересмотре инструкции по проектированию станций и узлов [25] и подготовке соответствующих положений СНиПа от 02.05.01. Железные дороги колеи 1520 мм (взамен СНиП II-39-76). Государственным проектно-изыскательским институтом, Киевгипротрансом, одобрен данный подход при проектировании переустройства, реконструкции или новом строительстве станций, а проведенная работа вошла в тему, выполненную в 1986—1987 гг. Киевгипротрансом по заданию МПС СССР, по разработке схемы развития и размещения грузового хозяйства опорных станций сети железных дорог до 2005 года [8].

Успешное применение данного алгоритма при решении задачи по выбору рациональных устройств морских паромных переправ позволяет рекомендовать применение данного метода при исследовании и разработке САПР станций других типов, а также отдельных элементов станций и железнодорожных узлов.

Результаты, полученные на основе разработанного подхода к САПР железнодорожных станций, одобрены в отрасли и нашли свое отражение как в Правилах и технических нормах проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм [28], так и в учебной литературе [29].

Предложение о возможности на данных принципах решать задачу оптимизации транспортных узлов в увязке с организацией вагонопотоков позволило теоретически обосновать новый подход к задаче расчета плана формирования поездов [30], а в дальнейшем разработать систему автоматизированного расчета плана формирования поездов (АС РПФП) [31], которая в настоящее время внедрена на сети железных дорог России.

Данное учебное пособие дополняет теорию САПР железнодорожных станций и узлов, разработанную такими видными учеными, как Н.В. Правдин [32] и С.С. Мацкель [27].

Список использованной литературы

1. Хандкаров Ю.С. Создание и развитие автоматизированных систем на железнодорожном транспорте. ЭИ ЦНИИТЭИ МПС, 1986. Вып. 1. — 32 с.
2. Таль К.К. Перспективы автоматизации проектных работ по железнодорожным станциям к узлам // Автоматизация проектирования объектов транспортного строительства: Сб. науч. тр. ВНИИ трансп. стр-ва. — М.: Транспорт, 1986. — С. 20—22.
3. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. — М.: Наука, 1981. — 488 с.
4. Сологуб Н.К., Осьминин А.Т. Станциям общего пользования — оптимальные схемы // Железнодорожный транспорт. — 1987. — № 6. — С. 20—22.
5. Сологуб Н.К., Осьминин А.Т. Выбор оптимальных схем грузовых станций // Транспортное строительство. — 1987. — № 6. — С. 9—11.
6. Осьминин А.Т. Проблемы грузовых станций общего пользования: Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций. — Киев, 1987. — № 110. — 16 с.
7. Осьминин А.Т. Рациональные схемы грузовых станций общего пользования // Областная научно-техническая конференция «Роль молодых ученых и специалистов в ускорении научно-технического прогресса на транспорте»: Тез. докл. — Свердловск, 1987. — С. 42—43.
8. Котлярский А.К. Основные положения разработки схем развития и размещения грузового хозяйства опорных станций сети железных дорог до 2005 года: Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций. Киев, 1987. — № 111. — С. 4—10.
9. Осьминин А.Т. Этапность развития грузовых станций крупнейших городов // XII научно-техническая конференция сотрудников ИрИИТа и специалистов эксплуатации и строительства железных дорог Сибири и БАМа (к 150-летию железных дорог СССР): Тез. докл. — Иркутск, 1987. — С. 118—119.
10. Осьминин А.Т. Алгоритм автоматизированного выбора рациональных схем железнодорожных станций // X областная научно-практическая конференция «Обеспечение нужд народного хозяйства в перевозках Куйбышевской железной дорогой на основе внедрения научно-технического прогресса»: Тез. докл. — Куйбышев, 1987. — С. 14—15.

11. Сологуб Н.К., Осьминин А.Т. Проектирование схем грузовых станций на основе САПР // Вестник ВНИИЖТа, 1989. — № 2. — С. 10—13.
12. Мокейчев Е.Ю. Разработка схем и методов расчета железнодорожных устройств морских паромных переправ: Дисс. канд. техн. наук. — М.: 1988. Машинопись. — 191 с.
13. Болтенкова Л.А., Савина В.М., Осьминин А.Т. Выбор рациональных схем пассажирских станций / Куйбышев. ин-т инж. ж.-д. трансп. — Куйбышев, 1990. — 23 с. (Деп. в ЦНИИТЭИ МПС, 12.03.1990 г. № 5167).
14. Сологуб Н.К. Определение оптимального числа путей сортировочного парка грузовой станции // Путевое развитие грузовых станций. Рукопись деп. в ЦНИИТЭИ МПС 28 мая 1981 г. № 1555/81. — М.: 1981. — С. 14—66.
15. Дзекунов С.И. Исследование вопросов размещения и развития грузовых станций общего пользования в крупных городах: Дисс. канд. техн. наук. — М.: Машинопись, 1977. — 212 с.
16. Озеров Ф.И., Матвиенко В.Г. Экономика и организация и планирование грузового хозяйства (в примерах и задачах): Учеб. пособие для техникумов ж.-д. трансп. — М.: Транспорт, 1983. — 192 с.
17. Типовые нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. — М.: Транспорт, 1987. — 96 с.
18. Ветухов Е.А., Гулев Я.Ф. Грузовые станции. — М.: Транспорт, 1974. — 254 с.
19. Садиков П.П., Ананьева С.А., Лебедева Т.П., Смирнов Е.К. Техническое оснащение крупных грузовых станций общего пользования // Труды ВНИИЖТ/ЦНИИ МПС. 1958. — Вып. 161. — М.: Трансжелдориздат. — 187 с.
20. Бронштейн И.Н., Семеняев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. — М.: Наука, 1986. — 544 с.
21. Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справочное и методическое руководство / Под ред. А.М. Козлова, К.Г. Гусевой. — М.: Транспорт, 1980. — 592 с.
22. ГОСТ 9238-83. Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм. — М.: Изд-во стандартов, 1983. — 27 с. Утвержд. и введен в действ. Госком. СССР по делам стр-ва 30.06.83 пост. № 167.
23. Абрамов А.А., Кирьянова Е.Н. Оптимизация путевого развития местных сортировочных парков // Сб. тр. РИИЖТа. — 1985. — Вып. № 182. — С. 156—160.

24. Эксплуатационные расчеты с применением теории вероятностей. — М.: Транспорт, 1970. — 238 с.
25. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР. — М.: Транспорт, 1978. — 176 с.
26. *Маликов О.Б.* Проектирование автоматизированных складов штучных грузов. — Л.: Машиностроение, 1981. — 240 с.
27. *Мацкель С.С., Ибрагимов И.И.* Основные направления создания систем автоматизированного проектирования (САПР) железнодорожных узлов и станций: Методическое пособие / Под общ. ред. Ибрагимова И.И. — Ташкент: Отдел выпуска проектов института Ташстройпроект, 1992. — 97 с.
28. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм // МПС РФ. — М.: изд-во «Техинформ», 2001.
29. *Шубко В.Г., Правдин Н.В., Архангельский Е.В., Бурков В.Я., Вакуленко С.П., Персианов В.А.* Железнодорожные станции и узлы: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Шубко В.Г. и Правдина Н.В. — М.: УМК МПС России, 2002. — 368 с.
30. *Осминин А.Т.* Рациональная организация вагонопотоков на основе методов многокритериальной оптимизации: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. — СПб, 2000. — 257 с. (рукопись).
31. *Ковалев В.И., Осминин А.Т., Осминина И.И.* Автоматизированная система расчета плана формирования поездов // Информационные технологии на железнодорожном транспорте: Доклады Седьмой международной научно-практической конференции «Инфотранс-2002». — СПб, 2002. — С. 2—21.
32. *Правдин Н.В., Головнич А.К., Вакуленко С.П.* Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций: Монография / Под общ. ред. Н.В. Правдина. — М.: Маршрут, 2004. — 400 с.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1. АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ СТАНЦИЙ	
1.1. Опыт использования ЭВМ при разработке проектов новых и реконструкции существующих станций	5
1.2. Формулировка задачи. Использование анализа по Парето в системе автоматизированного проектирования станций	5
1.3. Алгоритм автоматизированного выбора рациональных схем железнодорожных станций	7
2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ	
2.1. Современное состояние грузовых станций крупнейших городов ..	9
2.2. Структурные элементы грузовых станций	
2.3. Синтез множества возможных схем грузовых станций общего пользования	
2.4. Назначение функционалов, характеризующих схемы грузовых станций	17
2.5. Представление функционалов на множестве схем грузовых станций общего пользования	18
2.5.1. Вычисление стоимостного критерия	19
2.5.2. Определение сравнительного времени нахождения местного вагона на станции	23
2.5.3. Расчет величины площади, необходимой для сооружения станции	27
2.5.4. Расчет сравнительного пробега местных вагонов	32
2.5.5. Представление показателя поточности перемещения вагонов на множестве схем станций	33
3. РАСЧЕТ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ	
3.1. Блок-схема алгоритма выбора рациональных схем станций	36
3.2. Аналитические методы и программы, реализующие алгоритм	38
3.3. Анализ расчетов критериев станций	41
3.4. Процедура выбора рациональных схем грузовых станций общего пользования	45

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СФЕР ПРИМЕНЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ И ЭТАПОВ ИХ РАЗВИТИЯ	47
4.1. Сфера применения рациональных схем станций и этапы их развития	47
4.2. Сравнительная экономическая оценка предлагаемых вариантов развития схем грузовых станций общего пользования	51
5. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА	57
Заключение	58
Список использованной литературы	59

Учебное издание

А.Т. Осьминин

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

(На примере грузовых станций общего пользования)

Учебное пособие

Редактор *О.Е. Котова*

Корректор *Л.А. Сошикова*

Компьютерная верстка *А.Н. Рудякова*

Подписано в печать 20.04.2007 г.

Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Печ. л. 4. Тираж 2000 экз. Заказ 7469

ГОУ «Учебно-методический центр по образованию

на железнодорожном транспорте»

107078, Москва, Басманный пер., д. 6

Тел.: +7 (495) 262-12-47

e-mail: marketing@umczdt.ru; marshrut@umczdt.ru,

<http://www.umczdt.ru>

ООО «Транспортная книга»

109202 Москва, Перовское шоссе, д. 9, стр. 1