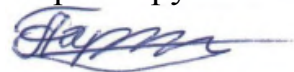


На правах рукописи



ПАРХОМЕНКО АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ НА
ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

2.9.4. Управление процессами перевозок (технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург

2024

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет транспорта»

Научный

руководитель: **Козлова Валерия Петровна,**
доктор экономических наук, профессор

Официальные

оппоненты: **Котенко Алексей Геннадьевич,**
доктор технических наук, профессор, акционерное общество
«Научно-исследовательский институт железнодорожного
транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), научный центр «Цифровые
модели перевозок и технологии энергосбережения», главный
научный сотрудник;

Четчуев Максим Владимирович,
кандидат технических наук, доцент, федеральное
государственное бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора Александра I»,
кафедра «Железнодорожные станции и узлы», доцент.

Ведущая

организация: Акционерное общество «Научно-исследовательский и
проектно-конструкторский институт информатизации,
автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»
(АО «НИИАС»), г. Москва

Защита состоится «6» декабря 2024 года в 11 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 44.2.008.01 (Д218.013.01) на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д.66, ауд. Б2-15.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения». Адрес сайта, на котором размещена диссертация и автореферат: <https://www.usurt.ru>.

Автореферат диссертации разослан «___» октября 2024 года.

Ученый секретарь

диссертационного совета



Колясов Константин Михайлович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы и степень ее разработанности

В проекте Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2035 года делается основной акцент на «ускоренное развитие отраслей экономики и сфер жизнедеятельности за счет опережающего развития транспортной инфраструктуры и видов транспорта».

Степень затрат в проектах по развитию транспортной инфраструктуры достаточно высокая. В связи с этим определяющую роль играет корректность методов расчета транспортных систем, включая железнодорожные станции с узлами. Развитие методов расчета прошло длительный период, измеряемый десятилетиями. Технология расчета железнодорожных станций утверждена в Инструкции. Благодаря активному развитию имитационного моделирования, был выявлен целый ряд недостатков существующих методов расчета. На сегодняшний день наиболее актуальная задача – необходимость в разработке единого научного подхода к построению корректных методов расчета. Данному вопросу посвящена представленная диссертационная работа.

Цель исследования: разработать единый теоретический подход, с помощью которого будет возможно создавать корректные методы расчета железнодорожных станций, не обходя стороной технологию использования данного подхода.

Направления исследований будут являться железнодорожные станции. Развитие транспортной сети. Совершенствование схем и организации работы транспортной инфраструктуры. Формализованное описание, оптимизация и имитационное моделирование систем управления.

Предметом исследования являются методы их расчета.

Задачи исследования. Для осуществления цели исследования необходимо решить ряд вопросов, а именно:

- разработка теоретического подхода построения методов расчета;
- анализ существующих методов расчета с позиций предложенного подхода;

- разработка технологии реализации теоретического подхода для обоснования наиболее корректного метода расчета;
- произведение сравнительного анализа применяемых методов расчета на примере конкретного железнодорожного объекта.

Научная новизна исследования. В диссертации разработана новая теоретическая основа для построения корректного метода расчета железнодорожных станций, а так же разработаны:

- новый теоретический подход для построения методов расчета;
- технология применения нового метода расчета для сравнительного анализа корректности уже существующих методов расчета;
- принципы расчета пропускной способности путей на станциях;
- принципы расчета пропускной способности горловин на станциях;
- обоснование имитационного моделирования как более корректного метода расчета объектов железнодорожного транспорта.

Теоретическая значимость состоит в дальнейшем развитии системного подхода.

Основные результаты диссертационной работы нашли практическое применение при разработке, апробации и реализации методологии управления, ресурсами и рисками (УРРАН) в хозяйстве автоматики и телемеханики ОАО «Российские железные дороги».

Методики комплексной оценки деятельности структурных подразделений хозяйства автоматики и телемеханики по показателям надежности и безопасности функционирования, прошла апробацию на сети российских железных дорог, ведена в эксплуатацию в автоматизированной системе анализа надежности технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики (АС АНПШ).

Основные модели и методы, представленные в диссертационном исследовании, использованы в таких нормативных документах ОАО «Российские железные дороги»:

Методика анализа основных процессов хозяйства автоматики и телемеханики для обеспечения показателей готовности технических средств на основе методологии УРРАН;

Методика проведения исследований проектов развития железнодорожных станций и линий с определением «узких мест», влияния на пропускные и перерабатывающие способности, рациональной технологии и прогнозируемых эксплуатационных показателей с использованием аппарата математического моделирования, утвержденной 09 января 2018 г. главным инженером ОАО «Российские железные дороги» С.А.Кобзевым.

Практическая значимость. Разработанные в диссертации теоретические основы и технология открывают возможность:

- выбора корректного метода расчета объектов железнодорожного транспорта;
- избегать серьезных ошибок при оценке проектов развития транспортной инфраструктуры;
- критически оценивать инструктивные указания по расчету транспортной инфраструктуры;
- активного использования имитационного моделирования для расчета железнодорожных станций.

Методология исследования основана на использовании аппарата оптимизации, теории случайных процессов, имитационного моделирования, теории множеств, и теории принятия решений. В качестве методической основой использованы труды ведущих учёных в области расчёта систем железнодорожного транспорта, технологии работы транспорта, методов моделирования и оптимизации на транспорте: В.М. Акулиничева, А.Э. Александрова, В.И. Апатцева, А.П. Батурина, А.Ф. Бородина, Н.П. Бусленко, И.П. Владимирской, Ю.В. Дьякова, Ю.И. Ефименко, П.А. Козлова, О.В. Осокин, Б.А. Лёвина, В.Я. Негрея, А.Т. Осьминина, Ю.О. Пазойского, В.А. Персианова, А.П. Петрова, Н.В. Правдина, С.М. Резера, Е.А. Сотникова, И.Б. Сотникова, Е.Н. Тимухиной, Е.М. Тишкина, Н.А. Тушина,

Н.С. Ускова, Н.Н. Шабалина, В.А. Шарова, М.И. Шмудевича, а также разработки ведущих институтов отрасли. Диссертация опирается на исследования научной школы профессора П.А. Козлова.

Результаты исследования, выносимые на защиту:

- структурно-функциональный подход как основа для построения корректных методов расчета объектов железнодорожного транспорта;
- принципы расчета пропускной способности путей на железнодорожных станциях;
- принципы расчета пропускной способности горловин на железнодорожных станциях;
- обоснование имитационного моделирования как наиболее корректного метода расчета объектов железнодорожного транспорта;
- технология сравнительного анализа методов расчета при расчете транспортных узлов.

Достоверность результатов и обоснованность главных научных положений, рекомендаций и выводов подтверждается логичным построением процесса исследования, корректным использованием математических методов и оптимизирующих процедур, экспериментальными расчётами, а так же внедрением результатов исследования в практику. Полученные результаты не противоречат исследованиям других авторов и подтверждаются результатами практического внедрения в ОАО «Российские железные дороги».

Реализация результатов работы

Результаты научных исследований при расчете Санкт-Петербургского транспортного узла, железнодорожной станции Находка-Восточная и примыкающих к ней промышленных путей, транспорта АО «Дальтрансуголь», в учебных программах УРГУПС.

Апробация работы. Основные положения и ряд результатов, представленных в диссертационном исследовании, использованы в нормативных документах ОАО «Российские железные дороги»:

– Методика выявления ошибок персонала и искажения информации при работе с автоматизированными системами хозяйства автоматики и телемеханики (утверждена ОАО «РЖД» 31.12.2020 г.);

– Методика проведения исследований проектов развития железнодорожных станций и линий с определением «узких мест», влияния на пропускные и перерабатывающие способности, рациональной технологии и прогнозируемых эксплуатационных показателей с использованием аппарата математического моделирования.

Результаты научных исследований апробированы при расчете Санкт-Петербургского транспортного узла, железнодорожной станции Находка-Восточная и примыкающих к ней промышленных путей транспорта АО «Дальтрансуголь».

Основные положения и результаты диссертации обсуждались на:

– всероссийской молодежной научно-практической конференции «Безопасность транспорта и сложных технических систем глазами молодежи», Иркутск, 10-13 апреля 2018 г.;

– всероссийской научно-практической конференции «Неделя науки – 2019», Москва, 25-29 марта 2019 г.;

– международной научно-практической конференции «Траектория научно-технологического развития России с учетом глобальных трендов, г. Белгород, 29 ноября 2019 г.

– международной научно-практической конференции «Исследование и развитие рельсового и автомобильного транспорта», Екатеринбург, 22-23 мая 2024 г.

Публикации. По исследуемой теме данной диссертации опубликовано 10 работ, 4 из которых – в изданиях из перечня, рекомендованного ВАК при Минобрнауки России.

Часть работ издана в соавторстве с коллегами по научной школе профессора П.А. Козлова, и, кроме этого, специалистами-практиками в области организации работы транспорта. П.А. Козлов выдвинул новые подходы

теоретического описания транспортных объектов. Также ученый сформулировал принципы построения имитационной система ИСТРА и динамической транспортной задачи

Структура и объём диссертации. Работу составляют 135 страницы машинописного текста, включая рисунки и таблицы. Структура диссертации включает: введение, 4 главы основного текста, заключение, список использованной литературы (118 наименований), включая 92 рисунка и 22 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, теоретическая и практическая значимость, научная новизна диссертационной работы, определены цель и задачи исследования.

В первой главе показана необходимость существенного развития транспортной инфраструктуры, проанализированы существующие принципы и методики расчета железнодорожных станций, их достоинства и недостатки. Обоснована необходимость повышения точности методов расчета транспортной инфраструктуры в целом и железнодорожных станций, в частности.

Во второй главе сформулированы принципы расчета объектов железнодорожного транспорта и приведен анализ существующих методов расчета на основе системного подхода.

При расчете пропускной и перерабатывающей способности железнодорожной станции элементами модели служат структурные элементы: путь, горка, грузовой терминал, стрелка. При этом элементу модели, осознанно, как правило, интуитивно, присваивается некоторая функциональная роль. Структура должна обеспечивать выполнение технологического процесса, а каждый ее элемент – выполнение определенной технологической операции (Рисунок 1).

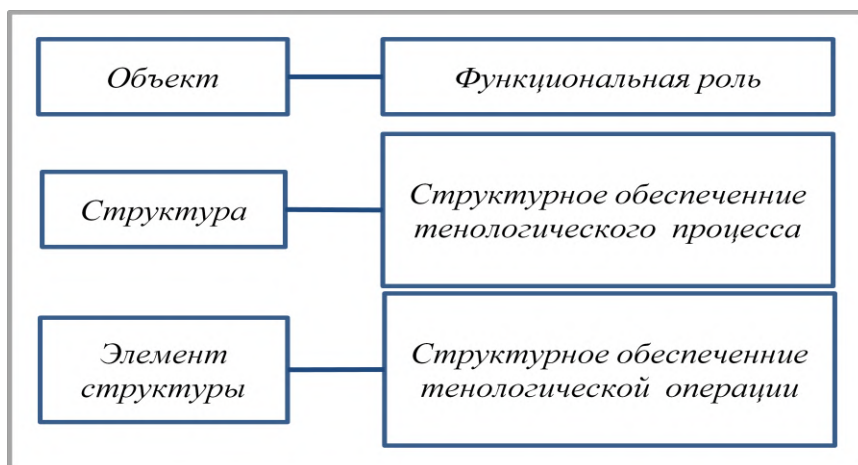


Рисунок 1 – Функциональные роли структуры и ее элемента

Функциональные роли объекта и модели должны быть идентичны, так как в случае их несовпадения, результаты расчета будут ошибочными или, по крайней мере, не корректными (Рисунок 2).

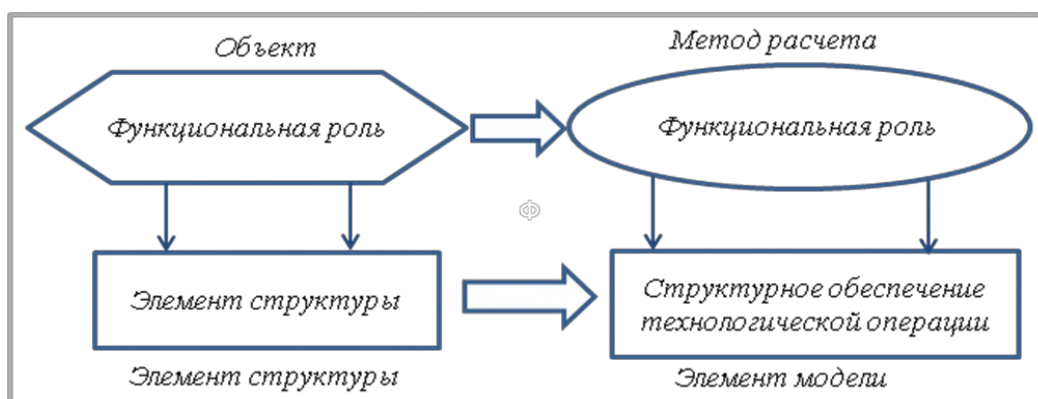


Рисунок 2 – Несоответствие функциональных ролей структурных элементов в реальности и в модели

В Инструкции по расчету наличной пропускной способности железных дорог (2010 г.) говорится: «Пропускная способность какого-либо устройства может быть правильно установлена только в том случае, если при расчете не учитывается возможное ее ограничение пропускной способностью соседних устройств», следовательно, расчет ведется отдельно по каждому элементу без учета связей с другими.

В руководстве по проектированию железнодорожных станций и узлов предлагается метод расчета числа путей в парках:

«Пропускная способность станционных устройств определяется числом поездов

$$n = \frac{1440m - \Sigma T_{\text{пост}}}{t_{\text{зан}}}, \quad (1)$$

где m – число работающих однородных элементов устройства (например, число путей в парке);

$t_{\text{зан}}$ – время занятия пути одним поездом;

$\Sigma T_{\text{пост}}$ – время выполнения постоянных операций, мин».

Таким образом, утвержденные инструкции для расчета строятся на основе аналитического детерминированного подхода.

В формуле (1) неявно, но все же подразумевается именно функциональная роль пути. Здесь ему определяется роль своего рода «канала обслуживания», работающего изолированно (Рисунок 3).

В данном случае путь рассматривается исключительно как некий канал обслуживания. Из вышесказанного следует, что путь может самостоятельно обеспечить выполнение задачи «обработки состава» (на путях приема и отправления выполняются исключительно данные операции). Однако, данная роль присвоена, так как составы должны обрабатывать специальные бригады ПТО. Кроме того, могут возникать различные факторы, влияющие на формирование задержек (Рисунок 3).

Иными словами, рассматривать пропускную способность пути в отрыве от сторонних факторов некорректно.

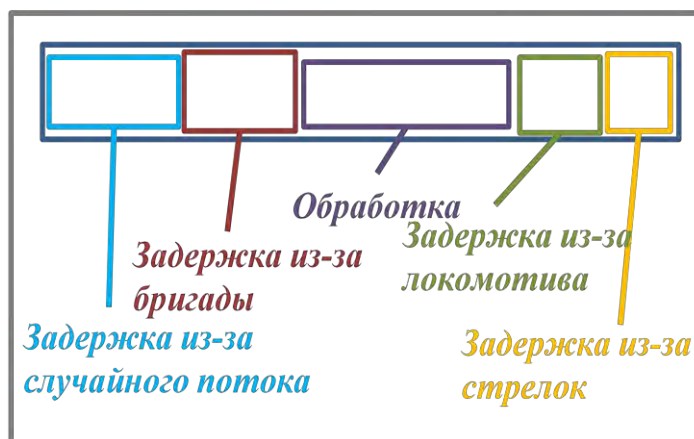
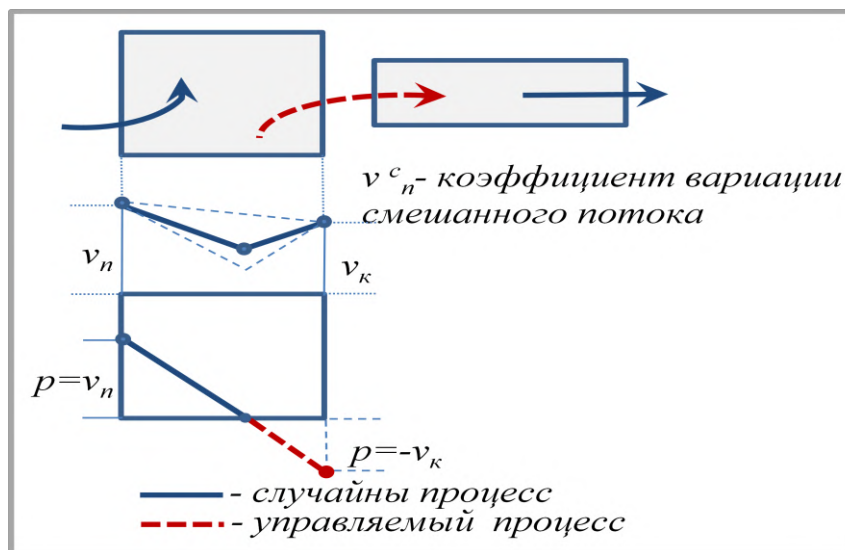


Рисунок 3 – Схема расчетной и реальной функциональной роли пути

Одним из факторов, оказывающих влияние на пропускную способность путей, являются наличие резервных путей (бункеров), так как они преобразуют поток заявок на обработку составов из случайного в управляемый. Поэтому целесообразно пути рассматривать не индивидуально, а парами: «бункер-канал», канал – это устройство после парка (горка, терминал и др.). Данный факт принципиально меняет принципы, положенные в основу методов расчета железнодорожных станций, так как управляемый поток позволяет повысить уровень возможного полезного использования канала обслуживания.

Полностью управляемый поток – это поток при 100%-ой загрузке, при этом ритм поступления заявок целиком и полностью соответствует ритму окончанию обслуживания, в этом случае коэффициент вариации входного потока будет равен коэффициенту вариации обслуживания. Однако, при таком управляемом потоке, не создается очереди в ожидания обслуживания. Таким образом, следует ввести еще один параметр – коэффициент дезорганизации ρ (Рисунок 4).

Для случайного потока значение коэффициента дезорганизации ρ будет положительным, в то время как для управляемого потока оно будет отрицательным (это будет показатель организации потока).



v_n^c – коэффициент вариации смешанного потока,

v_n – коэффициент вариации потока, v_k – коэффициент вариации канала

Рисунок 4 – Динамика параметров потока в бункере

Таким образом, фактически достижимая величина пропускной способности канала определяется уровнем возможной полезной загрузки:

$$\tilde{U} = \lambda \cdot U, \quad (2)$$

где U – максимальная пропускная способность;

$\tilde{U}$ – реальная пропускная способность;

λ – коэффициент возможной загрузки канала при данном потоке.

Положения, на основании которых строится расчет пропускной способности в нормативной документации, не совсем точно отображают реальность, т.к. стрелке придается функциональная роль, которой в действительности нет.

Стрелку загрузить на 100% практически невозможно. Возникают структурные (задержки в операции из-за последующих стрелок) и функциональные (отсутствия готовой технологической операции, например, в данный момент отсутствует свободный локомотив) потери (Рисунок 5).

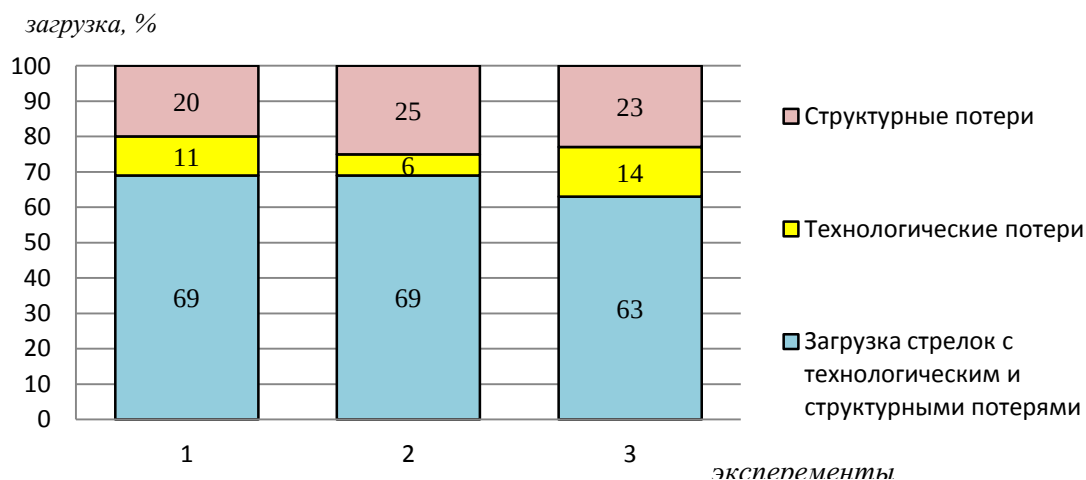


Рисунок 5 – Полезная загрузка стрелок и структурно-функциональные потери

Используя имитационное моделирование возможно проверить насколько корректны принятые методы определения задержек в горловине. Результаты по двум методам совершенно различные (Рисунок 6).

Полученные результаты позволяют утверждать, что наиболее загруженный элемент (стрелка) не определяет пропускную способность всей горловины. Требуются конструктивно новые подходы.

Каждый выделяемый элемент структуры должен предоставить структурное обеспечение некоторой технологической операции. Технологическими операциями в горловине являются маневровые или поездные передвижения, при этом, передвижение с занятием только одной стрелки в действительности крайне маловероятны. Следовательно, отдельная стрелка не может являться структурным элементом модели в методах расчета.

Структурное обеспечение технологических операций реализует группа последовательно расположенных стрелок. Группа стрелок, обеспечивающая одно независимое передвижение, назовём структурно-функциональным каналом. На рисунке выделены такие каналы (Рисунок 7).

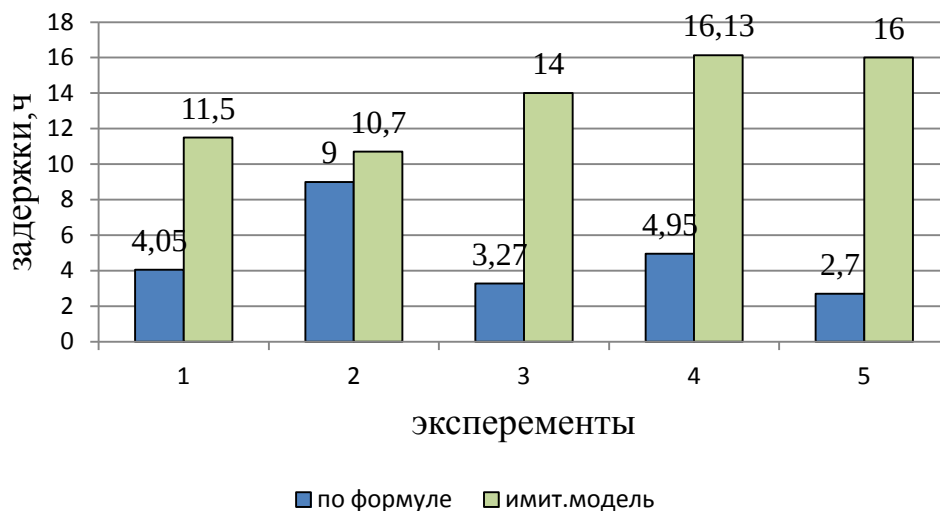


Рисунок 6 – Задержки из-за занятости стрелок в различных горловинах разных станций

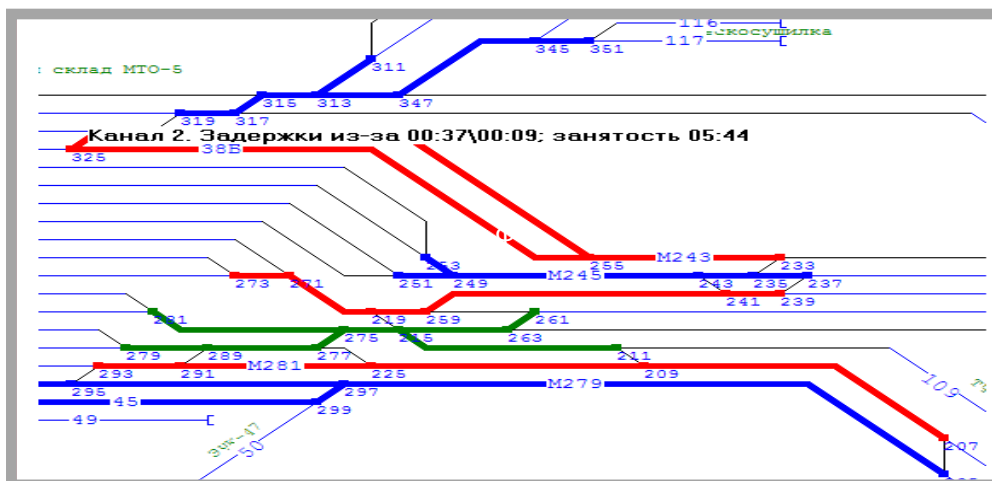


Рисунок 7 – Горловина с 36 стрелками и 7 каналами

Таким образом, структурно-функциональный канал – это упорядоченное множество стрелок, обеспечивающее одно независимое передвижение:

$$\vec{r}_j \equiv \langle \vec{x}_{ij} \rangle, \quad (3)$$

где r_j – структурно-функциональный канал в горловине, обеспечивающий выполнение j -й операции,

x_{ij} – i -я стрелка в j -м структурно-функциональном канале.

Учитывая вышеизложенное, требуется введение еще одного понятия – расчетный элемент горловины. Само передвижение, начинается и заканчивается на пути, но путь не относится к горловине, и без начального и конечного пути не может быть независимого передвижения. Расчетный элемент – это структурно-функциональный канал с добавлением начальных и конечных путей:

$$\vec{R}_j \equiv \langle \langle \vec{y}_{\alpha j} \rangle, \langle \vec{x}_{ij} \rangle, \langle \vec{y}_{\beta j} \rangle \rangle, \quad (4)$$

где $\vec{R}_j$ – расчетный элемент;

$\langle \vec{y}_{\alpha j} \rangle$ – пути перед структурно-функциональным каналом;

$\langle \vec{y}_{\beta j} \rangle$ – пути, замыкающие структурно-функциональный канал;

$\langle \rangle$ – знак упорядоченного множества.

Указанные расчетные элементы должны быть включены в модель расчета пропускной способности горловины.

Следует отметить, что передвижения могут не только по структурно-функциональным каналам, но пересекая их. Из этого следует, что чем ближе число работающих параллельно каналов в среднем к максимально возможному их числу, тем лучше технология соответствует структуре.

Очевидно, что количество работающих однородных элементов не является постоянным из-за возможного выхода из строя технических средств, обеспечивающих их функционирование.

С позиций системного подхода структурный элемент, содержащий технические средства, в которых возник отказ, может считаться занятым на период устранения неработоспособного состояния. То есть его функциональная роль временно изменяется, при этом отказ некоторого технического средства,

выключает, как правило, один канал. В связи с этим, в работе рассмотрены предложения по модификации имитационной модели с учетом выхода из строя технических средств, прежде всего, за счет ошибочных действий обслуживающего персонала.

В третьей главе предложены алгоритмы реализации имитационной модели, позволяющей обеспечить совпадение функциональных ролей реального и моделируемого расчетного элемента. Структурно-функциональными элементами модели являются пути, а в горловинах станций – структурно-функциональные каналы. Функционирование модели – это последовательное выполнение технологических операций. Операции всегда занимают группу стрелок от одного пути до другого, то есть структурно-функциональный канал. Любые результирующие параметры работы стрелок определяются лишь в рамках работы каналов. Условия отображают связь одной операции с другими и, значит, одного структурно-функционального канала с остальными на станции.

Важное значение имеет автоматизация построения имитационной модели. Это позволяет избежать многих случайных ошибок. Полное описание структуры и технологии крупной станции представляет собой массив, содержащий данные о 600-700 тысяч строк (одна строка – это параметры работы элемента в одном из вариантов выполнения операции).

Подсистема САПР автоматически строит структурно-функциональные каналы:

$$\begin{aligned} \forall x \forall z \mid \exists x(x, z) \mid ((\langle r_i^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle) \cap (\langle r_o^z \rangle, \langle l_p^z \rangle, \langle p_q^z \rangle)) = \emptyset \Rightarrow \\ \Rightarrow \exists (v, w) \mid (\langle e_\alpha^{ry} \rangle, \langle e_\beta^{ly} \rangle, \langle e_\gamma^{py} \rangle) \cap (\langle r_\delta^{rw} \rangle, \langle l_\varepsilon^{lw} \rangle, \langle p_\phi^{pw} \rangle) = \emptyset, \end{aligned} \quad (5)$$

где $(\langle r_i^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle); (\langle r_o^z \rangle, \langle l_p^z \rangle, \langle p_q^z \rangle)$ – группы путей и стрелок, которые обеспечивают маршруты передвижений на реальной структуре;

$(\langle e_\alpha^{ry} \rangle, \langle e_\beta^{ly} \rangle, \langle e_\gamma^{py} \rangle); (\langle r_\delta^{rw} \rangle, \langle l_\varepsilon^{lw} \rangle, \langle p_\phi^{pw} \rangle)$ – группы элементов модели, обеспечивающих маршруты передвижений в модели;

x, z – индексы передвижений на реальной структуре;

v, w – индексы передвижений в модели;

∅ –пустое множество.

Операции имеют приоритеты с заданной глубиной действия.

Анализ, проведенный в работе, показал, что, имитационная модель значительно полнее, чем другие методы, отображает структуру, технологию и другие параметры работы железнодорожных объектов.

Четвертая глава посвящена сравнению двух основных методов расчета – графоаналитического метода и метода имитационного моделирования на примере транспортного узла, включающего пути АО «Морской порт Санкт-Петербург», станции Новый порт и ее субклиентов.

Грузы на станцию Новый порт прибывают в маршрутных (для одного получателя) и разборочных (для разных клиентов) поездах. Прибытие маршрутных поездов характеризуется большой суточной неравномерностью.

В настоящее время основным методом расчета является графоаналитический метод: «В настоящем едином технологическом процессе (ЕТП) длительность укрупненных операций определена на основе суточных планов-графиков работы станции примыкания Новый Порт Октябрьской ж.д. и пути необщего пользования оператора морского терминала ОАО «Морской порт Санкт-Петербург».

В Таблицах 1 и 2 приведены результаты расчета перерабатывающей способности фронтов по видам груза при использовании графоаналитического метода (Таблица 1) и метода имитационного моделирования (Таблица 2).

Таблица 1 – Расчетная перерабатывающая способность фронтов по видам груза (ЕТП)

Род груза	Перерабатывающая способность (ваг/сут)
	Погр/выгр
Черные металлы	335/0
Цветные металлы	168/0
Удобрения	47/0
Прочие	25/25
Контейнеры	72/34

Таблица 2 – Расчетная перерабатывающая способность фронтов по видам груза (модель)

Грузы	Выгружено, вагонов в среднем в сутки
Черные металлы	160
Цветные металлы	70
Химические	50
Контейнеры	45
Прочие	49

Анализ результатов показывает, что в среднем различия в полученных результатах составляет около 40 вагонов в сутки, при этом по ЕТП мощности фронтов получаются значительно больше. Фактические показатели работы грузовых фронтов в узле в напряженный месяц оказались очень близкими к расчетным, полученным при использовании имитационной модели, эти результаты приведены в Таблице 3.

Таблица 3 – Фактическая производительность грузовых фронтов

Грузы	Выгружено вагонов в средний напряженный месяц	
	за месяц	соответствует среднесуточному объему
Черные металлы	5200	168
Цветные металлы	2000	64
Химические	1200	39
Контейнеры	500	16
Прочие	600	19

В работе проанализированы причины столь существенного различия полученных результатов. В данном случае необходимо выделить 2 важных момента:

– рассмотрение каждого фронта производится изолированно, в отрыве от работы узла;

– самый загруженный элемент, обычно фронт, может быть загружен на 100%, при этом рассматривается полезная, производительная загрузка.

Следует отметить, что оба положения не корректны, что приводит к некорректным результатам.

Как показывают результаты имитационного моделирования, нельзя загрузить на 100% ни один грузовой фронт, так как в узле образуется целый ряд

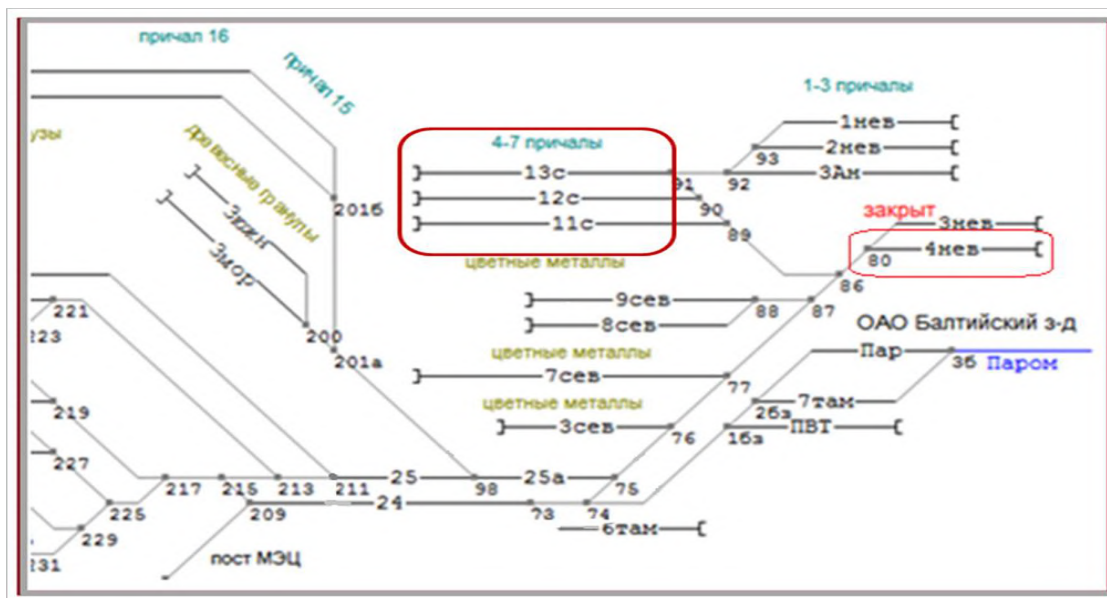
межоперационных задержек, которые верно подсчитать при ручном построении графиков не представляется возможным. Таким образом, узел следует рассматривать как единую систему, рассчитывая параметры работы каждого ее элемента только в совокупности с другими.

Параметры работы стрелок в двух расчетах сильно отличаются, иногда по времени занятости и всегда по вызываемым задержкам. Пример различия в задержках в расчетах приведен на Рисунке 8.

название	графически	ЕТП		Модель	
		занят	задер	загрузка	задержка
Стр.215,217,219,225,227,229,231,245,247,249,251,253,255		10.56	0.48	8:36	6:27
Стр.211,213,221,223		7.44	1.44	7:45	4:16

Рисунок 8 – Параметры работы стрелок в ЕТП и в модели

В диссертации рассмотрена работа еще одного парка – парка «Северный», где происходит подборка вагонов с цветными металлами и выгрузка на терминалах 3 сев, 7 сев, 8 сев, 9 сев и 11 сев (Рисунок 9).



Следует отметить, что подборка вагонов, прием передач, а также их подача на морские причалы, происходит через вытяжной путь четыре (оранжевый цвет). В итоге загрузка путей - предельная, а полезное использование остается невысоким (Рисунок 10).

название	графически	технологией	задержками	вагонами
9сев п. парка Сев		3:40	4:14	16:06
3сев п. парка Сев		4:32	4:14	15:11
8сев п. парка Сев		13:20	4:14	6:11
7сев п. парка Сев		15:04	3:10	5:18
11с п. парка Сев		12:12	2:24	8:52

Рисунок 10 – Полная и полезная загрузка путей парка «Северный»

Естественно, из-за него возникают огромные задержки (Рисунок 13).

название	графически	загрузка	задержка из-за
9сев п. парка Сев		24:00	23:48
3сев п. парка Сев		23:56	0:00
8сев п. парка Сев		23:44	23:48
7сев п. парка Сев		23:32	23:48
11с п. парка Сев		23:28	23:48

Рисунок 11 – Задержки из-за парка «Северный»

Иная картина складывается согласно ЕТП (Таблица 4).

Таблица 4 – Загрузка путей парка «Северный» в ЕТП

Путь	Коэффициент загрузки				
	Всего	в том числе			
		Ожидание операций	Операции	Накопление вагонов	Простой вагонов
3 северный	0,52	0,00	0,40	0,00	0,12
6 таможенный	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00
7 северный	0,61	0,00	0,48	0,00	0,13
8 северный	0,68	0,00	0,61	0,00	0,07
9 северный	0,33	0,00	0,23	0,00	0,10
11 северный	0,37	0,00	0,37	0,00	0,00

В модели полная загрузка – 100 процентов, в то время как в ЕТП это значение меньше. Задержки в ожидании операций отсутствуют вообще. В связи с тем, что пути загружены частично, соответственно, и задержек из-за этого парка не будет, что не соответствует фактическим данным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации с позиций системного подхода рассмотрена проблема создания корректных методов расчета транспортной инфраструктуры. Сформулированы основные подходы:

- расчетным элементом может быть только структурный объект, который имеет самостоятельную функциональную роль;
- минимальной функциональной ролью является выполнение технологической операции или законченного передвижения как ее разновидности;
- функциональные роли расчетного элемента в модели и в действительности должны совпадать, иначе происходит искажение действительности;
- элемент системы функционирует только во взаимодействии с другими, поэтому рассчитывать его изолированно нельзя.

Из-за несоответствия системному подходу в существующих методах эти принципы зачастую нарушаются, поэтому железнодорожные станции и их структурные части рассчитываются с существенными ошибками.

В работе решены следующие задачи.

1. Сделан обоснованный вывод, что в существующих подходах при выделении расчетного элемента ему присваивается, чаще неосознанно, некоторая функциональная роль. Как правило, не проверяется, соответствует ли присвоенная роль действительной функции элемента. Из-за этого возникают ошибочные подходы.

2. Показано, что функциональной ролью структуры станции является структурное обеспечение технологического процесса, а такой ролью расчетного

структурного элемента является структурное обеспечение технологической операции. Если выбранный структурный элемент не может выполнять этой функции, он не может быть расчетным элементом модели. Будет искажение действительности.

3. Рассмотрена проблема расчета пропускной способности горловины. В существующих методах расчетным элементом для этого является изолированная стрелка. В работе убедительно показано теоретически и сравнительными расчетами на моделях, что это ошибочный подход. Результаты расчетов не соответствуют действительности. Предложено ввести, так называемые, структурные каналы. Канал – это группа стрелок, обеспечивающая одно независимое передвижение. Структурные каналы более адекватно характеризуют пропускную способность горловины, чем множество стрелок.

4. Исследована проблема расчета пропускной способности парков. В существующих подходах расчетным элементом для этого является путь как изолированно работающий канал обслуживания. Это ошибочный подход, так как путь, как элемент системы, работает во взаимодействии с другими элементами.

Для расчетов в диссертации предложено разбивать парк на две функционально различные части;

- первая – канал, пути на которых выполняется технологическая операция,
- вторая – бункер, резервные пути, которые выполняют не только пассивную роль – ожидание, но и активную – преобразование случайного потока в управляемый. Пропускную способность парка определяют пути канала.

5. Теоретически доказано и практически показано, что изолированно рассмотренный канал обслуживания любой природы не может быть расчетным элементом. Минимальным расчетным элементом структуры может быть только дуплекс, взаимосвязанная пара «бункер-канал». В бункере происходит преобразование потока из случайного в управляемый. Пропускная способность канала напрямую зависит от степени этого преобразования.

6. Предложено структуру станции рассматривать как совокупность дуплексов. Это принципиально меняет технологию расчета станций.

7. Выполнен сравнительный анализ существующих методов расчета. Убедительно показано, что методом, наиболее соответствующим системному подходу является имитационное моделирование. В нем отображается структура станции как множество дуплексов, а структура горловины рассматривается как совокупность каналов. В методе наиболее корректно отображается структура объекта, технология, случайные процессы и диспетчерское управление. Причем модель выдает исчерпывающее число результатов.

8. Выполнен сравнительный анализ двух методов расчета на примере небольшого транспортного узла:

– графо-аналитического, который является основным при разработке технологических процессов,

– имитационного, с помощью специально построенной модели.

Показано, что в технологии графо-аналитического подхода большое место занимают субъективные решения, которые нельзя проверить объективно. Развернуто показана ошибочность этого метода. Ошибки в расчете пропускной способности устройств достигают 30%.

9. Разработанные в диссертации методы и технологические решения прошли апробацию и нашли применение на предприятиях железнодорожного транспорта.

10. Планируется внедрение полученных результатов в работе структурных подразделений ОАО РЖД, в том числе в Дорожной карте реализации проекта «Цифровой трансформации процессов хозяйства автоматики и телемеханики».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫЙ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

а) в рецензируемых научных изданиях:

1. Горелик, А.В. Экспертная оценка влияния человека на надежность работы систем железнодорожной автоматики / А.В. Горелик, В.С. Дорохов, А.А. Пархоменко, Н.А. Тарадин // Наука и техника транспорта. – 2018. – №3. – С. 49-54.

2. Козлов, П.А. Построение методов расчета железнодорожных станций на основе системного подхода / П.А. Козлов, В.П. Козлова, А.А. Пархоменко // Наука и техника транспорта. – 2021. – №2. – С. 75-80.

3. Козлов, П.А. О методах расчета систем железнодорожного транспорта / П.А. Козлов, В.П. Козлова, А.А. Пархоменко // Научный информационный сборник «Транспорт: наука, техника, управление». – 2021. – №12. – С. 33-36.

4. Пархоменко, А.А. Имитационная экспертиза инфраструктурных проектов на транспорте / А.А.Пархоменко, О.В.Осокин, П.А.Козлов // Транспорт Российской Федерации. – 2022. – №6 (103) – С. 19-23.

б) в других изданиях и материалах конференций:

5. Болотский, Д.Н. Анализ влияния обслуживающего персонала на возникновение эксплуатационных отказов систем железнодорожной автоматики / Д.Н. Болотский, А.В. Горелик, А.А. Пархоменко, Н.А. Тарадин // Наука и бизнес – пути развития –2019. №6 – С. 44-49.

6. Орлов, А.В. Математическая модель производственного процесса технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики / А.В. Орлов, А.Н. Малых, А.А. Пархоменко // Наука и бизнес – пути развития – 2020. – С. 67-70.

7. Горелик, А.В. Метод оценки влияния человеческого фактора на функционирование систем обеспечения безопасности движения поездов / А.В. Горелик, А.Н. Малых, А.А. Пархоменко // Безопасность транспорта и сложных технических систем глазами молодежи: Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Иркутск, 10-13 апреля 2018 г. – Иркутск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2018. – С. 48-50.

8. Пархоменко, А.А. Анализ влияния обслуживающего персонала на надежность работы систем железнодорожной автоматики / А.А. Пархоменко, А.С. Алатырева // Неделя науки-2019: Труды Всероссийской научно-

практической конференции, Москва, 25-29 марта 2019 г. – Москва: Российская открытая академия транспорта РУТ (МИИТ), 2019. – С. 301

9. Веселова, А.С. Модель оценки качества эксплуатации систем железнодорожной автоматики на этапе производственного планирования / А.С. Веселова, А.В. Груздева, Т.А. Просникова, А.А. Пархоменко // Траектория научно-технологического развития России с учетом глобальных трендов : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 29 ноября 2019 г. / Под общ. ред. Е.П. Ткачевой. – Белгород. – С. 85-88.

10. Пархоменко, А.А. Построение методов расчета железнодорожных станций на основе системного подхода / А.А. Пархоменко // Исследование и развитие рельсового и автомобильного транспорта, Материалы Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 22-23 мая 2024 г. – Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 39

ПАРХОМЕНКО АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ НА
ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

2.9.4. Управление процессами перевозок
(технические науки)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

Кандидата технических наук

Подписано в печать 04.10.2024.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,4.

Тираж 107 экз. Заказ № 739.

УрГУПС

620034, Екатеринбург, Колмогорова, 66