

/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ООО «НФП БИЗНЕС РЕШЕНИЯ» / ООО «ИТЛ КОНСАЛТИНГ», 2021 – 2023

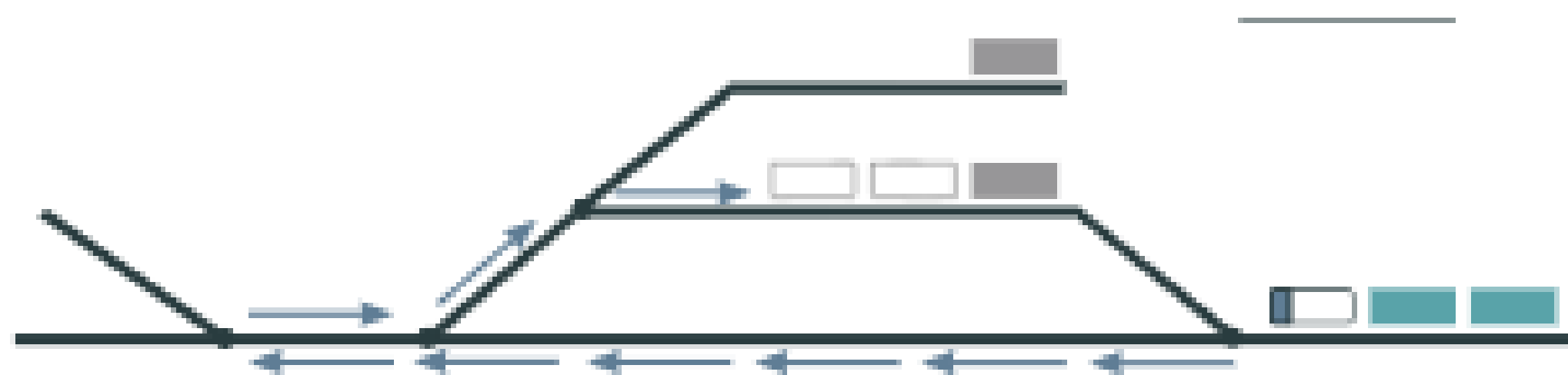
Цель работы: разработка методов решения задачи о формировании расписания работ маневровых локомотивов в соответствии со списком операций на путях необщего пользования.

/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

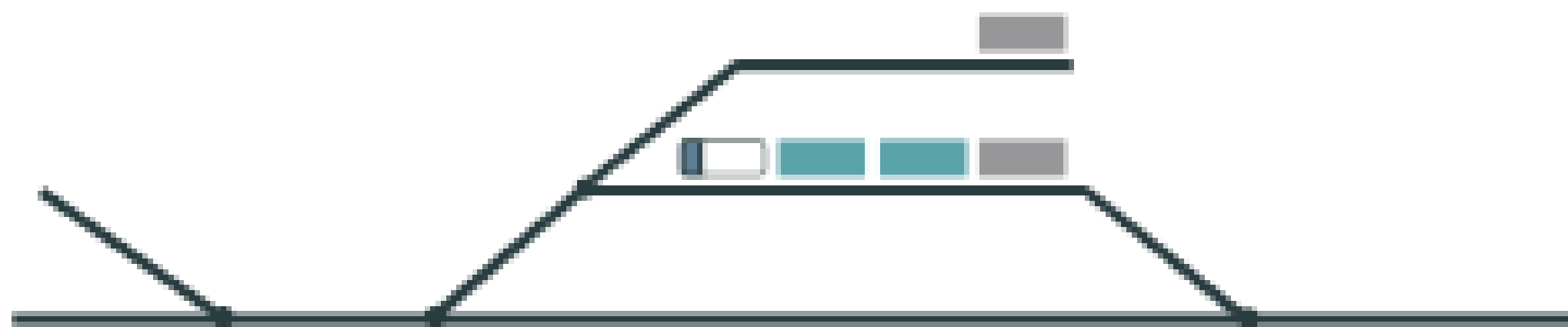
ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ: ВЫПОЛНЕНИЕ ПОТОКОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

→ Входящие потоки
разбор состава по путям отстоя

/ 01.1

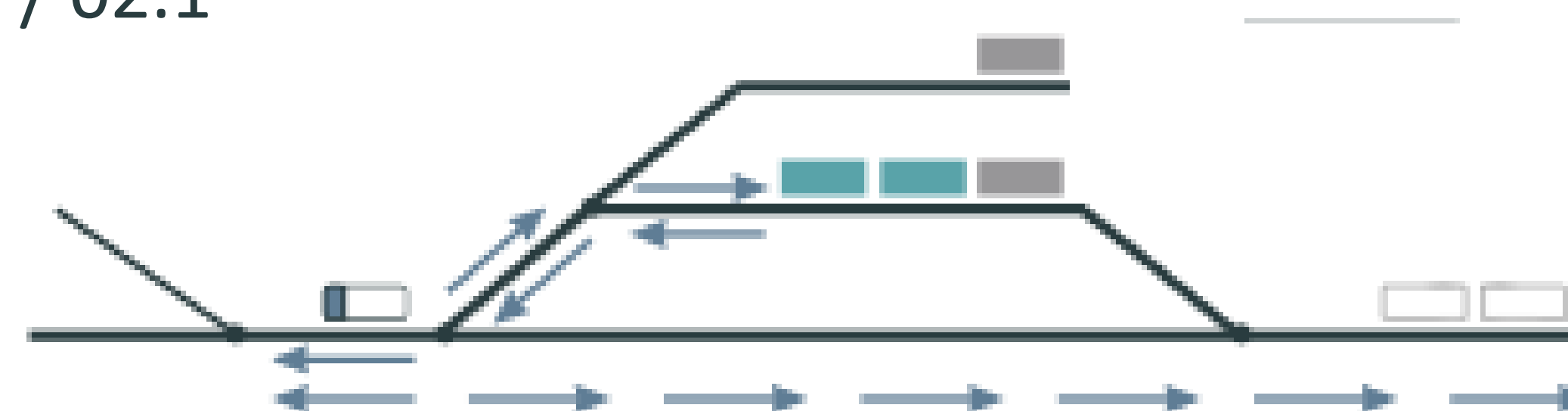


/ 01.2

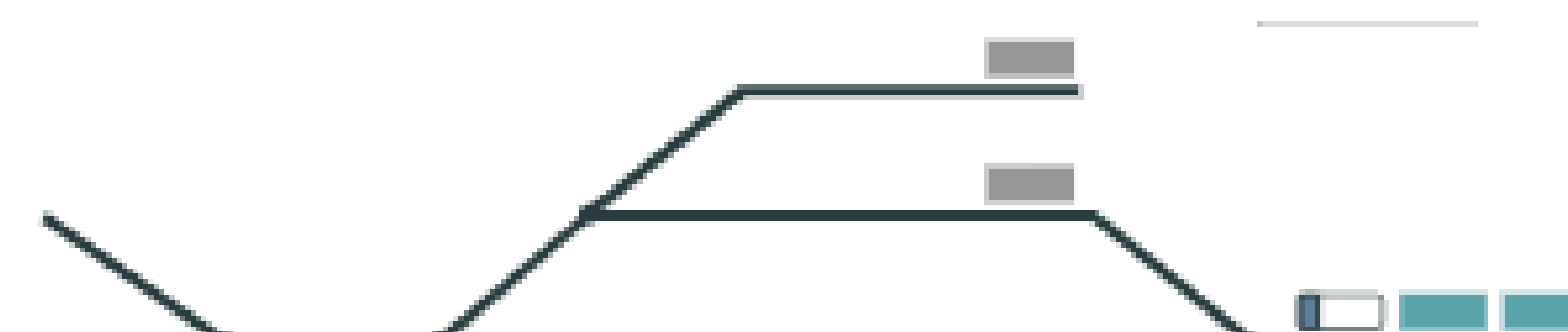


← Исходящие потоки
сбор состава с путей отстоя

/ 02.1



/ 02.2



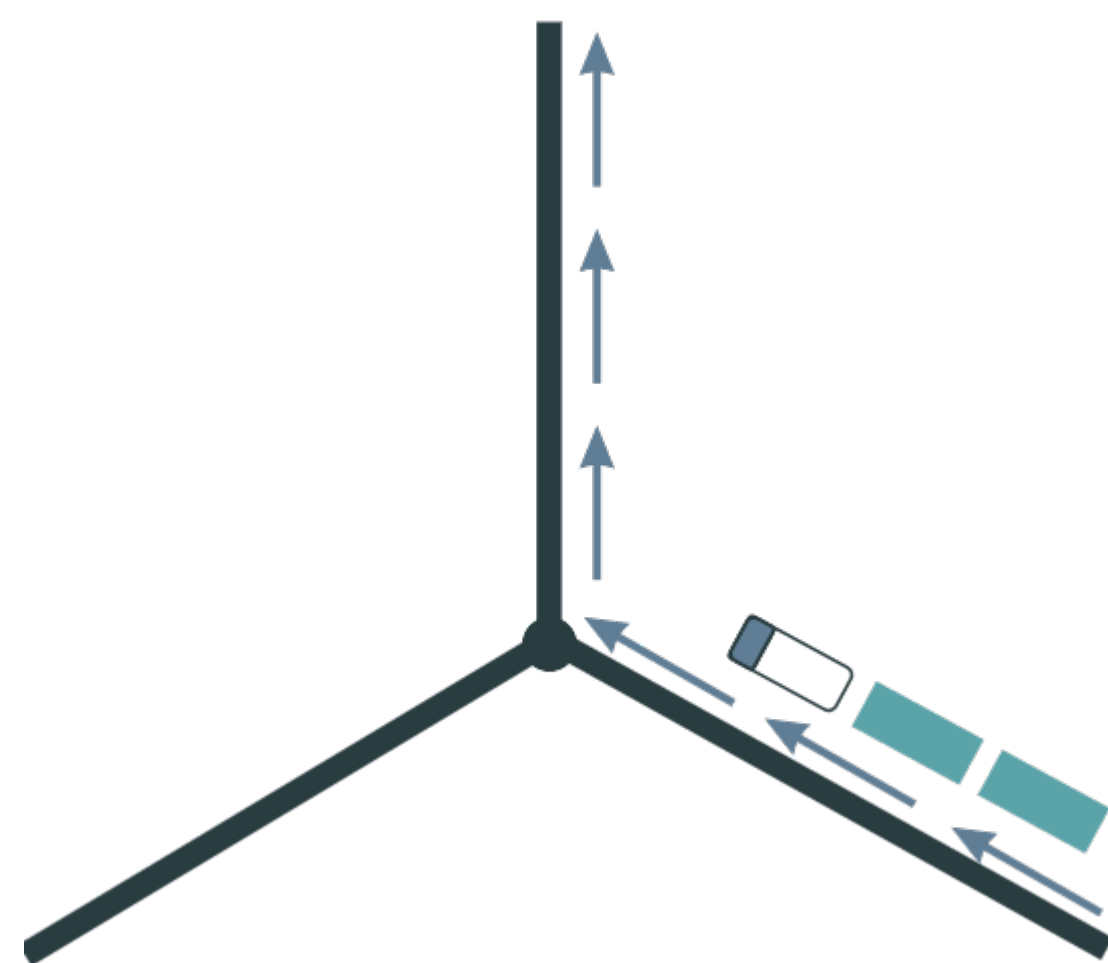
□ — локомотив ■ — блокирующая группа вагонов → — маршрут локомотива
■ — целевая группа вагонов □ — целевое расположение группы вагонов

/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

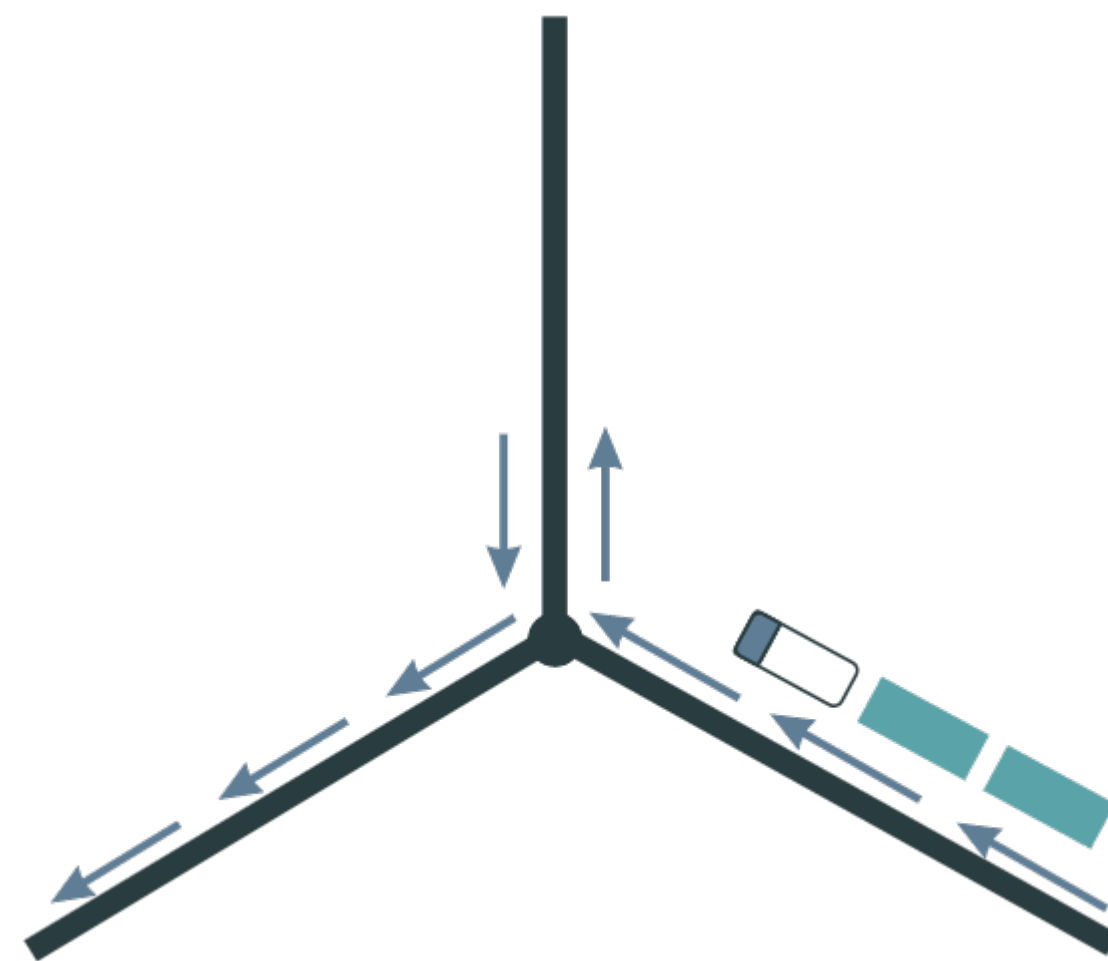
ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ: МАРШРУТИЗАЦИЯ ЛОКОМОТИВОВ

Построение корректных маршрутов локомотивом с учетом режимов движения («тянет»/«толкает» вагоны)

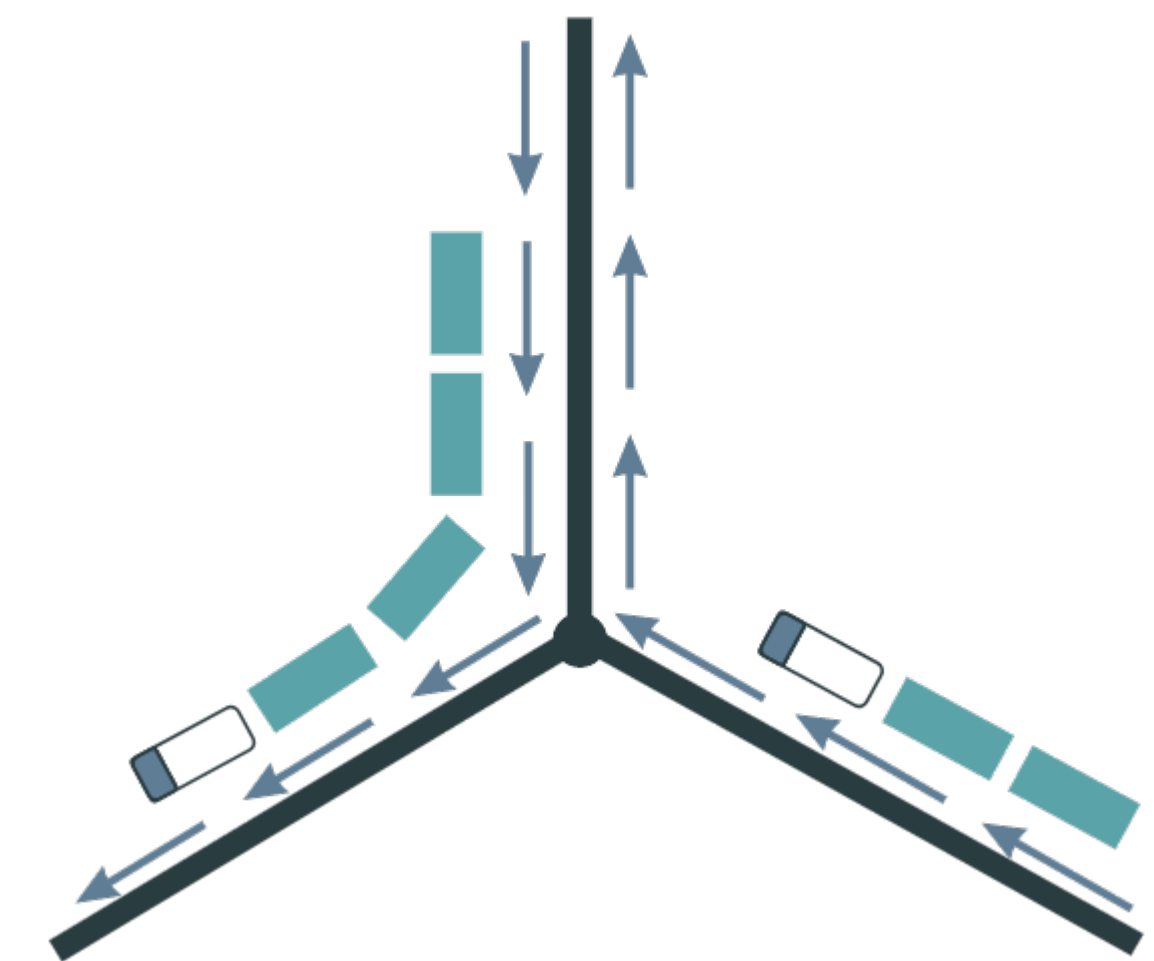
Обработка коллизий, не допускающая «столкновения» локомотивов



«Четный» маршрут

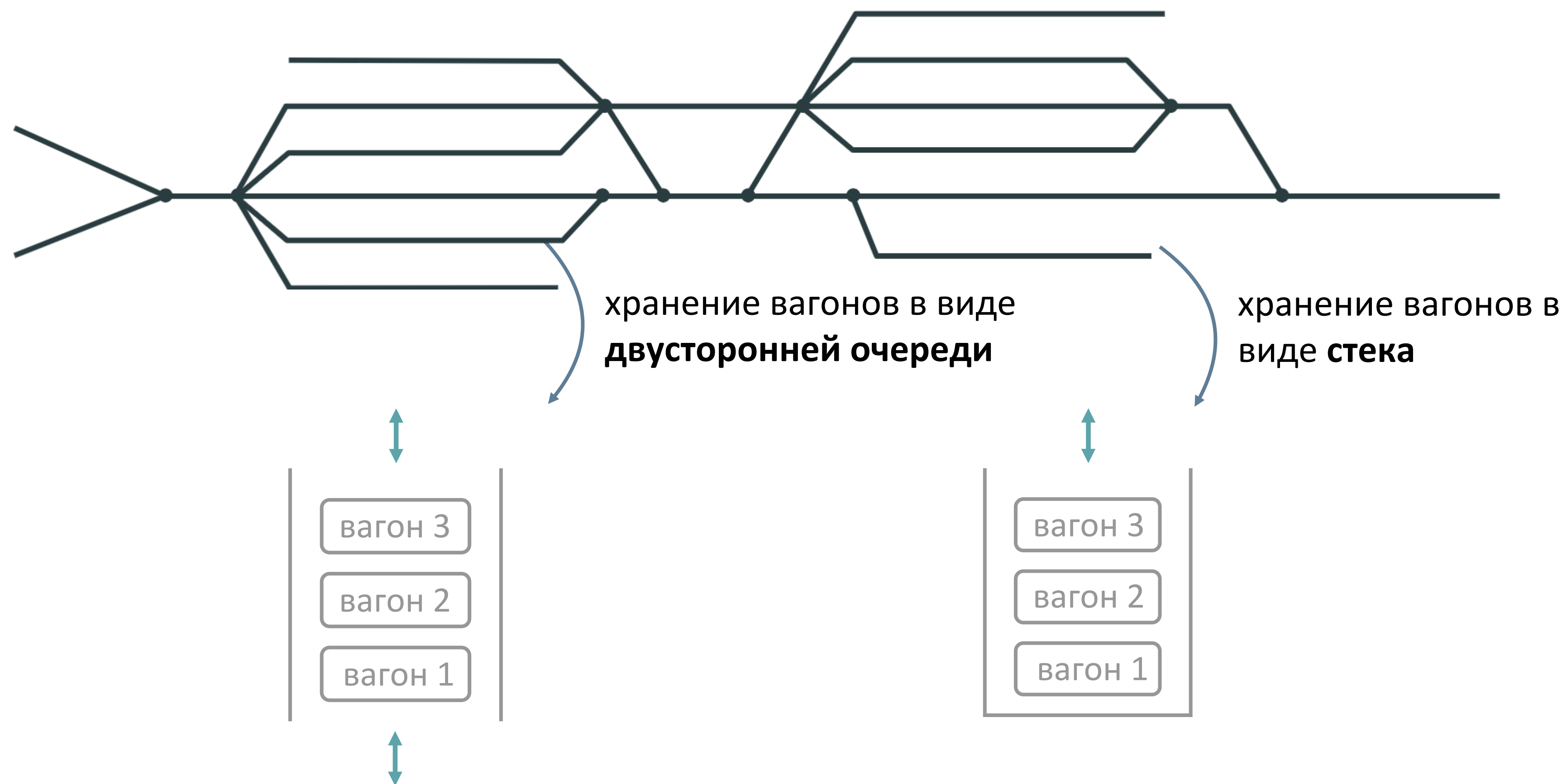


«Нечетный» маршрут



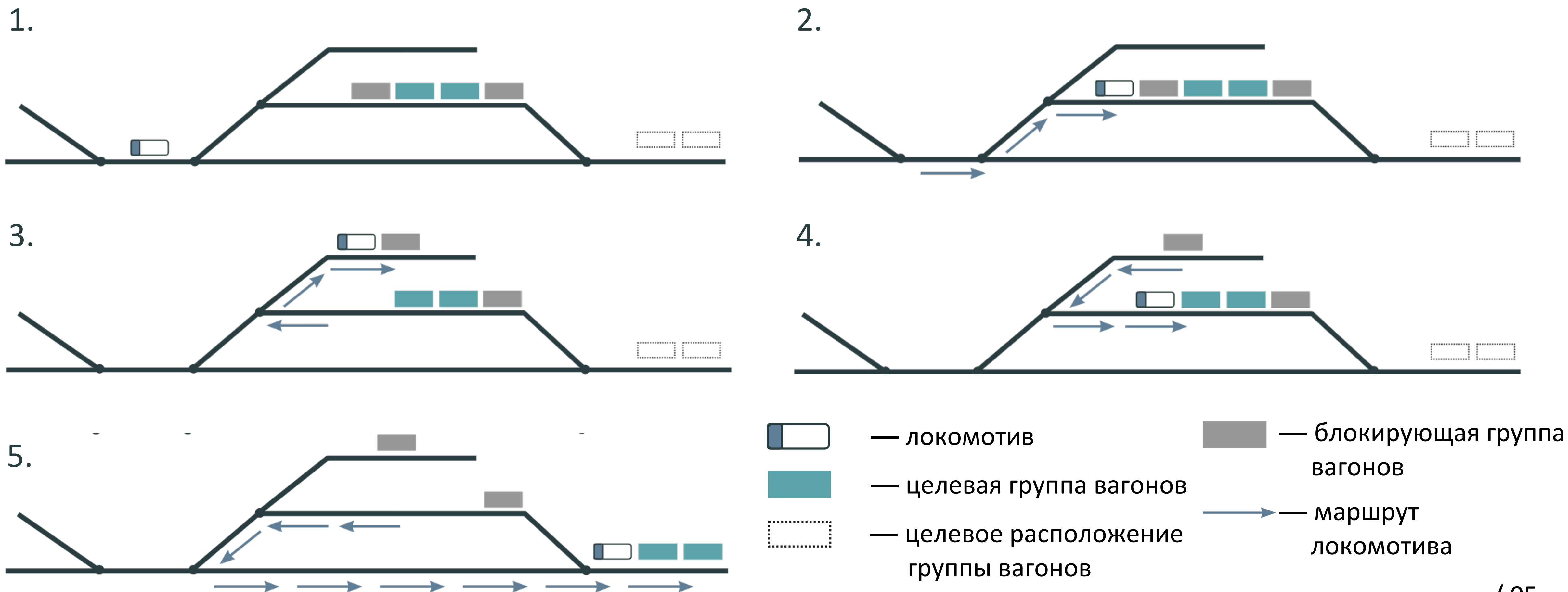
/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ: ОПЕРАЦИИ НА ПУТЯХ ОТСТОЯ ВАГОНОВ



/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ: КОНТРОЛЬ БЛОКИРУЮЩИХ ГРУПП ВАГОНОВ



/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ



Машинисты

- рабочие смены
- отдых и перерывы
- производительность



Особенности топологии

- уклоны
- специальные пути



Локомотивы

- обслуживание
- специфические ограничения

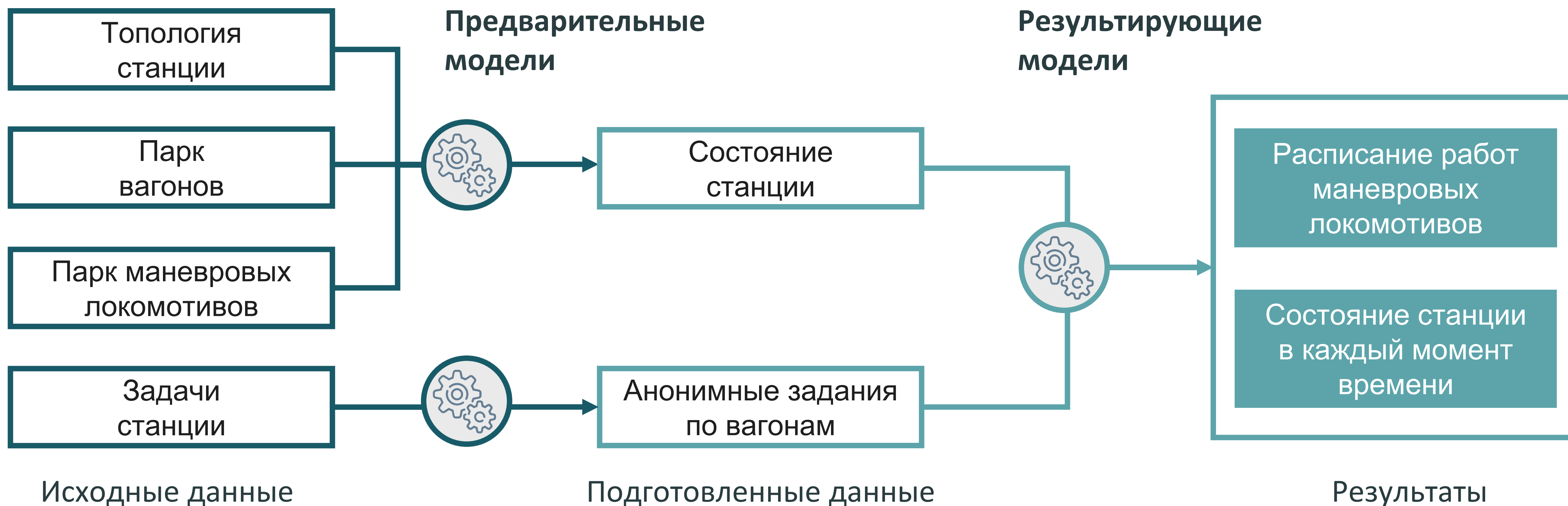


Вагоны

- технические карты по работе с вагонами

/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ОБЩАЯ СХЕМА (АРХИТЕКТУРА) РЕШЕНИЯ



/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАДАННОГО ГОРИЗОНТА ПЛАНИРОВАНИЯ

ИНФРАСТРУКТУРА



Грузовая станция

Пути и стрелки

Пути ожидания/прибытия/отправления

Фронты погрузки

Расположение вагонов

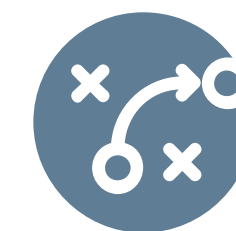


Маневровые локомотивы

Виды работ

Нормативы на выполнение работ

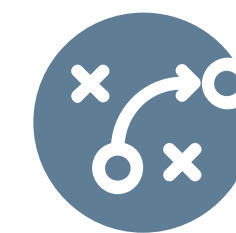
ПОТОКОВЫЕ ОПЕРАЦИИ



Операции прибытия

Дата и время прибытия

Характеристики состава



Операции отправления

Дата и время отправления

Идентификаторы вагонов

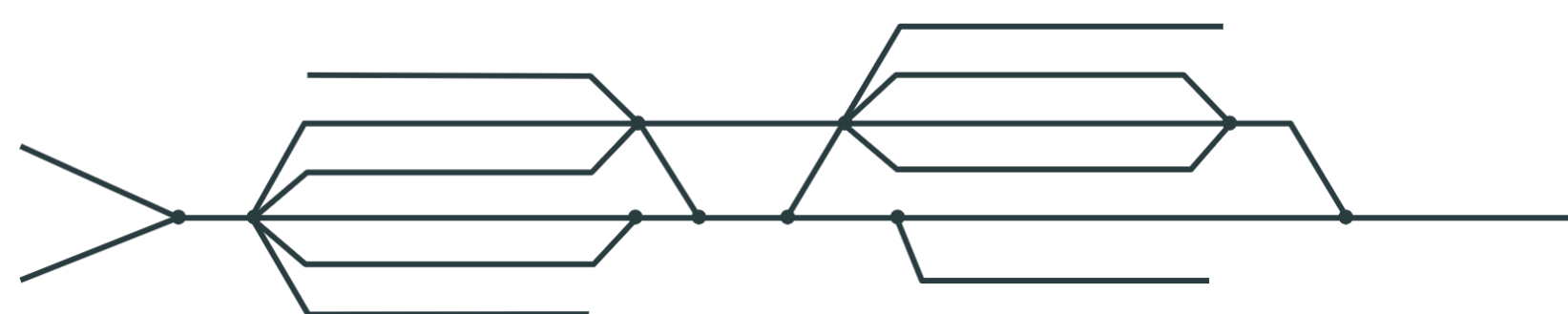
Путь подачи

/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ СТАНЦИИ В ВИДЕ ГРАФА

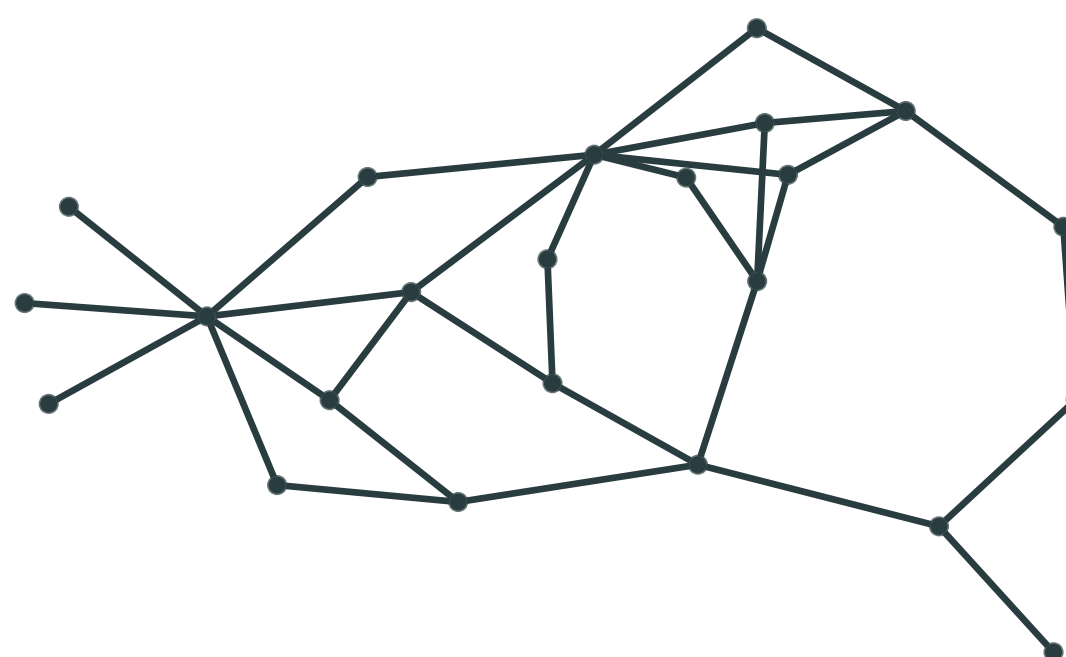
ГРАФ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Идентификаторы путей и стрелок
Связи элементов



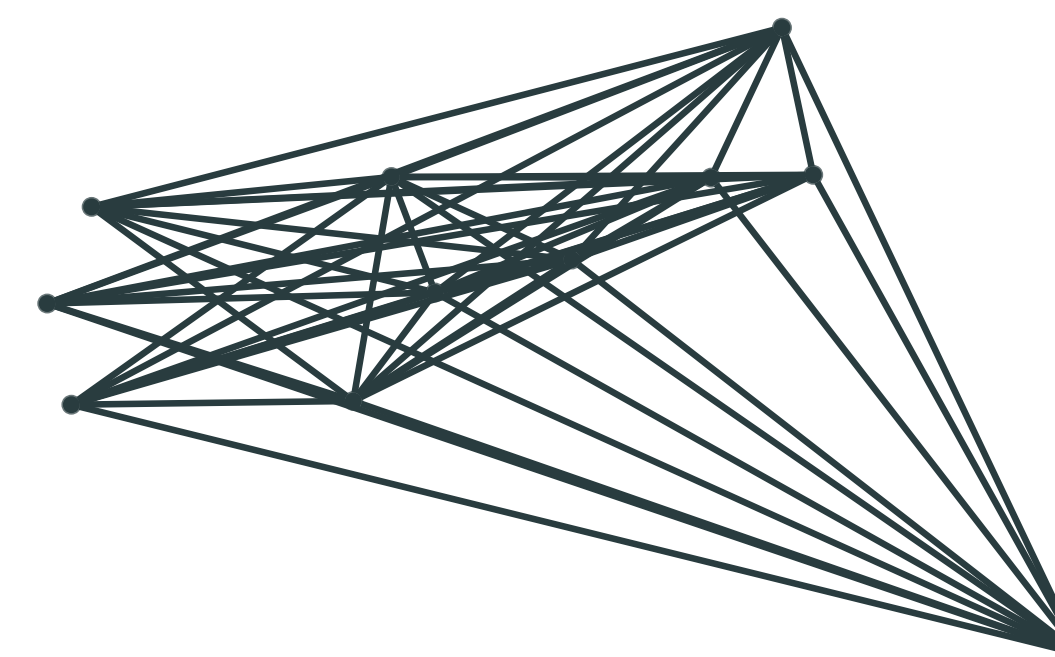
РЕБЕРНЫЙ ГРАФ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Множество вершин – пути
Множество дуг – стрелки



РЕДУЦИРОВАННЫЙ РЕБЕРНЫЙ ГРАФ

Множество вершин – пути
Множество дуг – кратчайшие
«четные» и «нечетные» маршруты



/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ОГРАНИЧЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧИ НА ГРАФЕ

- перестановка и перевозка вагонов на станции осуществляется только с помощью маневровых операций;
- при выполнении каждой потоковой операции только целевые вагоны перемещаются из одной вершины в другую;
- не превышает вместимость вершин ожидания;
- блокирующие вагоны сохраняют относительный порядок и вершину, в которой расположены;
- при выполнении каждой потоковой операции должны быть учтены изменения состояние системы, которые происходят при выполнении других потоковых операций в тот же промежуток времени.

/ F1

Минимизация затрат на

работу локомотивов

при назначении

маневровых операций

/ F2

Минимизация

временных затрат

на выполнение всех операций

/ F3

Максимизация прибыли

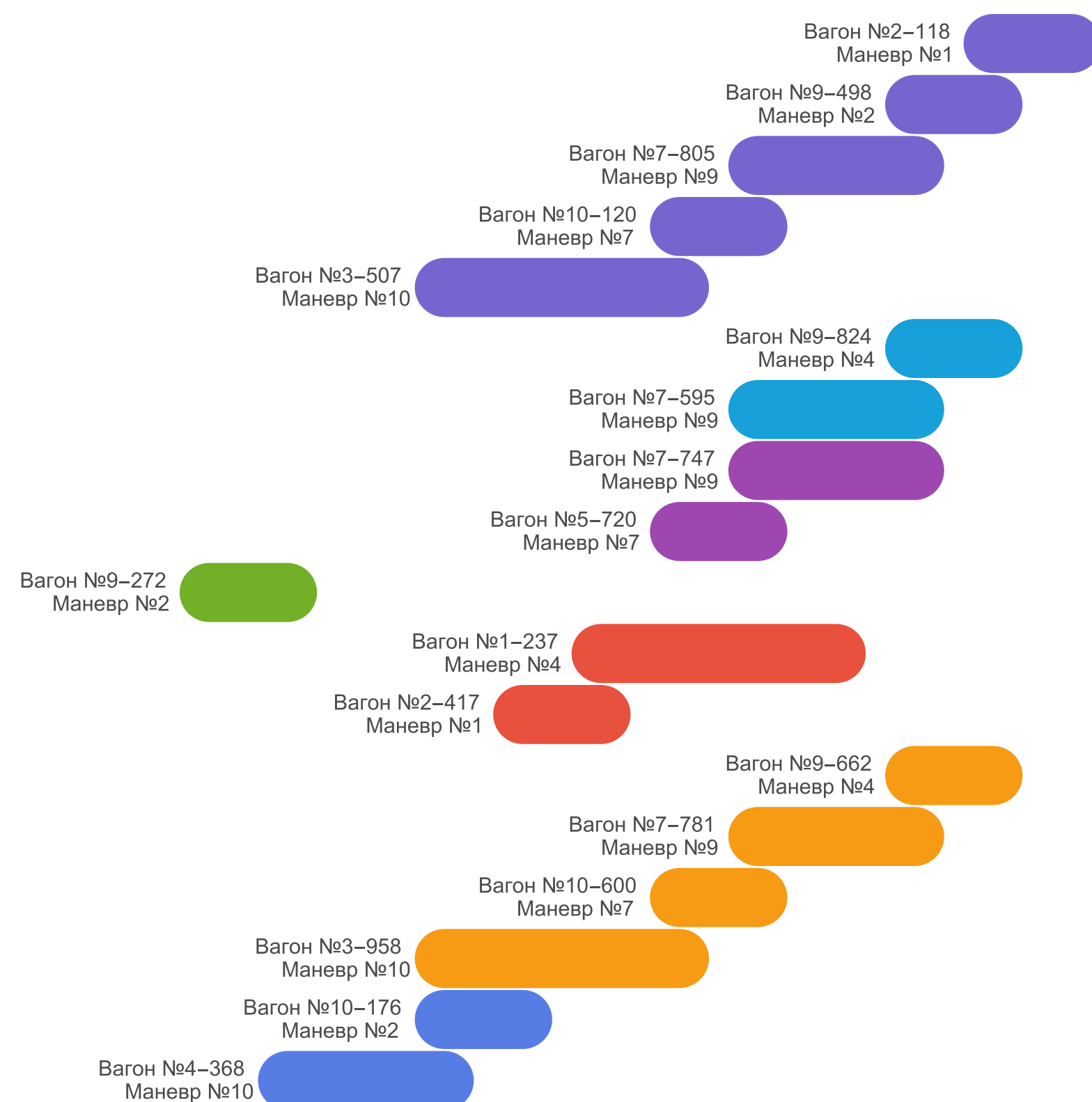
за счет эффективного формирования

составов с вагонами для убытия

со станции

/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ЗАДАЧА МАРШРУТИЗАЦИИ НА ДИНАМИЧЕСКОМ ГРАФЕ С ДВУХСТОРОННИМИ ОЧЕРЕДЯМИ



Задача построения расписания маневровых локомотивов сформулирована как многокритериальная задача смешанного программирования о поиске путей с учетом изменения состояния станции и режимов движения локомотива («тянуть»/«толкать»). Вагоны на путях ожидания моделируются как структура данных «двухсторонняя очередь».

/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕК

- разработаны модели математического программирования для получения точного решения задачи;
- разработан алгоритм поиска маршрута в графе состояний станции;
- разработан конструктивный алгоритм;
- разработан улучшающий жадный алгоритм, позволяющий сократить временные задержки выполнения операций.



библиотеки: ruomo,
pandas, numpy



обработка данных,
эвристические
алгоритмы



поиск глобального
оптимума



хранение исходных
данных и результатов
расчетов

/ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ГИБРИДНЫЙ ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ: НА ВЫХОДЕ

ПЛАН РАБОТ ЛОКОМОТИВА

- ✓ маршруты локомотива для каждой потоковой операции
- ✓ описание маневровых операций для каждого маршрута
- ✓ определение типа движения для каждого участка маршрута

СОСТОЯНИЕ СТАНЦИИ В КАЖДЫЙ МОМЕНТ ВРЕМЕНИ

- ✓ для каждого вагона в каждый момент времени известно местонахождение
- ✓ известны группы вагонов, блокирующих целевые