

ТЗ: Система планирования движения вагонов на промышленных станциях

Oct 21, 2026 · @Anuar

Черновик v0.1 для обсуждения с заказчиком: функциональный состав зафиксирован, целевые KPI и сроки — ориентиры до обследования пилотной станции.

Допущения черновика:

- Заказчик — предприятие промышленного железнодорожного транспорта (ППЖТ) или владелец путей необщего пользования с примыканием к сети АО «НК «КТЖ».
- Исполнитель — Multicode (продуктовая линия multicode СТ); система поставляется как SaaS с опцией развёртывания в контуре заказчика.
- Расчётный масштаб одной станции: до 30 путей, до 40 грузовых фронтов, до 500 вагонов в наличии, до 6 маневровых локомотивов.
- Структура документа — по ГОСТ 34.602-2020; технология работы станции — по её техническо-распорядительному акту (ТРА) и правилам перевозок.

1. Общие сведения

Параметр	Значение
Полное наименование	Автоматизированная система планирования и управления движением вагонов на промышленной станции
Краткое наименование	АС ПДВ
Заказчик	[наименование, БИН]
Исполнитель	Multicode
Основание для разработки	Договор № [] от []
Плановые сроки	~10 месяцев от подписания договора до ввода в промышленную эксплуатацию (раздел 8)
Пилотный объект	[наименование станции]

Параметр	Значение
Порядок оформления результатов	Акты по этапам, приёмка по разделу 9

2. Назначение и цели

Система формирует, согласует и контролирует исполнение планов поездной и маневровой работы промышленной станции — от подхода вагонов с примыкания до их сдачи обратно на сеть.

Цель — сократить простой вагонов и непроизводительную работу локомотивов, перевести учёт и документы в единый цифровой контур. Базовые значения замеряются на этапе обследования; целевые ниже — ориентиры для согласования.

Показатель	Как измеряется	Цель (ориентир)
Средний простой вагона на станции, ч	От приёма до сдачи на сеть, по журналу операций	–15–20% к базе
Доля вагонов со сверхнормативным простоем, %	Сравнение факта с нормативами договоров	–30% к базе
Работа маневровых локомотивов на 1 вагон, мин	Время в заданиях / переработанные вагоны	–10% к базе
Время составления сменного плана, мин	Замер у диспетчера	≤ 15
Полнота учёта, %	Операции, отмеченные в системе в течение 15 мин после факта	≥ 95
Споры по ведомостям подачи-уборки, шт/мес	Претензии собственников и станции примыкания	–50% к базе

3. Характеристика объекта автоматизации

Промышленная станция — узел путей необщего пользования, где ППЖТ принимает вагоны со станции примыкания, распределяет их по грузовым фронтам цехов и клиентов и возвращает на сеть.

Технологический цикл вагона:

1. Подход: сведения о прибывающих вагонах со станции примыкания (натурный лист, уведомление).
2. Приём на выставочных путях: коммерческий и технический осмотр, сверка номеров.
3. Расформирование и сортировка по фронтам погрузки и выгрузки.
4. Подача на грузовой фронт по заявке или графику.
5. Грузовая операция: выгрузка, погрузка, взвешивание, очистка.
6. Уборка с фронта и накопление.
7. Формирование передачи, оформление ГУ-45/ГУ-46, сдача на станцию примыкания.

Роли пользователей:

Роль	Задачи в системе
Дежурный по станции (ДСП) / станционный диспетчер	Составление и утверждение плана, контроль, перепланирование
Маневровый диспетчер	Распределение заданий по локомотивам и бригадам
Составитель поездов, машинист маневрового локомотива	Получение заданий, отметки выполнения в мобильном приложении
Приёмосдатчик	Приём и сдача вагонов, сверка, первичные документы
Представитель грузового фронта (цех, клиент)	Заявки на подачу, отметка окончания грузовой операции
Коммерческий отдел, бухгалтерия	Расчёт платы за простой и маневровые услуги
Руководство станции	KPI, аналитика план/факт

Проблемы текущего процесса (уточняются при обследовании):

- План составляется вручную (бумага, Excel) и зависит от опыта конкретного диспетчера.
- Дислокация вагонов известна с задержкой, по устным докладам и радиосвязи.
- Нет единого учёта времени нахождения вагонов — отсюда споры о сверхнормативном простое с собственниками и операторами.

- Маршруты локомотивов не оптимизируются: холостые пробеги и повторные перестановки.
- ГУ-45/ГУ-46 оформляются вручную, с двойным вводом и ошибками.

4. Функциональные требования

Система состоит из девяти модулей; в MVP входят модули 4.1–4.6 и 4.9, остальное — этап 2. Каждое требование имеет идентификатор FR-х.у для трассировки в ПМИ.

4.1 НСИ и цифровая модель станции (MVP)

- **FR-1.1** Схема путевого развития: парки, пути, стрелочные переводы, тупики и связи между ними; редактор схемы и отображение в виде мнемосхемы.
- **FR-1.2** Атрибуты пути: полезная длина (м и условные вагоны), назначение, тупиковый/сквозной, ограничения (негабарит, опасные грузы, серии локомотивов).
- **FR-1.3** Грузовые фронты: привязка к пути, вместимость, перерабатывающая способность (ваг/ч), режим работы, допустимые роды вагонов и грузы, владелец.
- **FR-1.4** Ресурсы: маневровые локомотивы (серия, ограничения по составу), бригады, графики смен и ТО.
- **FR-1.5** Нормы времени: осмотр, перестановка, грузовые операции по роду груза, время следования между путями; калибровка норм по фактическим данным.
- **FR-1.6** Справочники: ЕТСНГ, роды вагонов, собственники и операторы, грузополучатели, станции (код ЕСП); версионирование НСИ с датой действия.

4.2 Учёт вагонов и дислокация (MVP)

- **FR-2.1** Поштучный учёт вагонов в наличии: номер с проверкой контрольной цифры, род, собственник, гружёный/порожний, груз, масса, получатель, позиция на пути.
- **FR-2.2** Загрузка сведений о подходе из натурального листа: импорт файла, интеграция (раздел 7) или ручной ввод.
- **FR-2.3** Журнал операций с отметкой времени и исполнителя: прибытие, приём, перестановка, подача, начало и окончание грузовой операции, уборка, сдача.

- **FR-2.4** Мнемосхема станции в реальном времени: вагоны на путях с цветовой индикацией состояния и длительности простоя.
- **FR-2.5** Учёт порядка вагонов на пути — критично для тупиков, где доступны только крайние вагоны.
- **FR-2.6** Отдельные статусы для неисправных, отцепленных и ограниченных к движению вагонов.

4.3 Заявки и потребности (MVP)

- **FR-3.1** Заявки грузовых фронтов на подачу гружёных и порожних вагонов: род, количество, окно времени, приоритет.
- **FR-3.2** Уведомление фронта об окончании грузовой операции (готовность к уборке) через веб или мобильное приложение.
- **FR-3.3** График окон приёма и сдачи передач со станцией примыкания.
- **FR-3.4** Импорт производственного плана цехов (этап 2).

4.4 Планирование (MVP — ручное с проверкой; этап 2 — автоматическое)

- **FR-4.1** Сменно-суточный план (12/24 ч): объёмы подачи-уборки по фронтам, приём и сдача передач, загрузка локомотивов.
- **FR-4.2** Оперативный план на 2–6 ч: последовательность маневровых заданий по каждому локомотиву с привязкой ко времени.
- **FR-4.3** Маневровое задание: полурейсы (откуда, куда, какие вагоны, порядок сцепки и расцепки) и расчётное время.
- **FR-4.4** Ручное планирование drag&drop на мнемосхеме и диаграмме Ганта с автоматической проверкой ограничений и подсветкой конфликтов.
- **FR-4.5** Автоматическое построение плана оптимизатором (раздел 5) и сравнение вариантов по KPI.
- **FR-4.6** Перепланирование по событию: задержка, отказ локомотива, новая заявка, досрочное окончание операции.
- **FR-4.7** Утверждение плана ДСП, версионирование и журнал изменений.

4.5 Исполнение (MVP)

- **FR-5.1** Мобильное приложение (Android, смартфон и планшет) для составителя, машиниста и приёмосдатчика: получение задания, отметка полурейсов, ввод номеров вагонов; офлайн-режим с синхронизацией.
- **FR-5.2** Статус заданий у диспетчера в реальном времени; отклонение факта от плана подсвечивается.
- **FR-5.3** Фиксация причин отклонений по справочнику.

- **FR-5.4** Позиционирование локомотивов по ГНСС-трекерам (этап 2, при наличии оборудования).
- **FR-5.5** Распознавание номеров вагонов по фото (этап 2).

4.6 Документы (MVP)

- **FR-6.1** Автоформирование памятки приёмосдатчика (ГУ-45) и ведомости подачи и уборки вагонов (ГУ-46) из фактических операций.
- **FR-6.2** Акты общей формы (ГУ-23) по событиям задержек и нарушений.
- **FR-6.3** Подписание ЭЦП НУЦ РК, выгрузка PDF и XML.
- **FR-6.4** Сменный рапорт ДСП.

4.7 Учёт простоя и расчёты (этап 2)

- **FR-7.1** Расчёт времени нахождения на путях необщего пользования по каждому вагону и собственнику.
- **FR-7.2** Сравнение с нормативами договоров, расчёт сверхнормативного простоя и платы.
- **FR-7.3** Расчёт стоимости маневровых услуг клиентам по тарифам заказчика, выгрузка начислений в 1С.

4.8 Аналитика (MVP — базовая, этап 2 — полная)

- **FR-8.1** Дашборд KPI раздела 2 по сменам, фронтам, локомотивам и бригадам.
- **FR-8.2** Анализ план/факт с причинами отклонений.
- **FR-8.3** Выгрузка отчётов в XLSX.

4.9 Администрирование (MVP)

- **FR-9.1** Ролевая модель с разграничением по станциям и фронтам; клиент видит только свои вагоны.
- **FR-9.2** Журнал аудита действий пользователей.
- **FR-9.3** Многостанционность: несколько станций в одном контуре с общей НСИ.

5. Требования к планировщику

Планировщик строит план маневровой работы с минимальным простоем вагонов и холостой работой локомотивов при соблюдении всех технологических ограничений; полный план для станции до 500 вагонов — не дольше 60 с.

5.1 Постановка задачи

Вход: дислокация и порядок вагонов на путях, подход с примыкания, заявки фронтов, окна сдачи, доступные локомотивы и бригады, нормы времени, ограничения ТРА. Выход: набор маневровых заданий, распределённых по локомотивам и времени, с порядком полурейсов.

5.2 Целевая функция

$$\min \; ; \; w_1 \sum_{v \in V} T_v + w_2 \sum_{l \in L} E_l + w_3 \sum_{z \in Z} D_z + w_4 N$$

T_v — простой вагона v на горизонте плана; E_l — холостая работа локомотива l ; D_z — опоздание выполнения заявки z относительно окна; N — число перестановок. Веса w задаются заказчиком в настройках.

5.3 Ограничения

Жёсткие (план с нарушением не выдаётся):

- вместимость путей и фронтов в каждый момент времени;
- порядок вагонов на тупиковых путях — доступ только к крайним;
- локомотив выполняет одно задание одновременно, с ограничением по массе и числу вагонов;
- взаимоисключающие маршруты и занятость стрелок;
- окна приёма и сдачи передач, режимы работы фронтов, смены и перерывы бригад;
- правила расстановки и прикрытия вагонов с опасными грузами по ТРА;
- нормы времени на операции.

Мягкие (штрафуются в целевой функции): приоритеты заявок, группировка вагонов одного назначения, закрепление локомотивов за районами станции.

5.4 Метод и режимы

- Метод выбирает Исполнитель и обосновывает в техническом проекте; требуется быстрое эвристическое стартовое решение и последующая оптимизация (MIP/CP или метаэвристики, например CP-SAT, LNS).
- Скользящий горизонт с инкрементальным пересчётом: перепланирование по событию — не дольше 10 с.
- Три режима: ручной с проверкой ограничений, подсказка следующего задания, автоплан. Любой план вступает в силу только после утверждения ДСП.

- Объяснимость: для каждого задания система показывает причину выбора, нарушенные мягкие ограничения и сравнение вариантов по KPI.

5.5 Критерии качества

- Ретроспективная проверка на данных пилотной станции за ≥ 30 суток: 100% планов без нарушения жёстких ограничений; расчётный простой ниже фактического не менее чем на 10%.
- В опытной эксплуатации диспетчер принимает $\geq 70\%$ автопланов без существенных правок.

6. Нефункциональные требования

Станция работает круглосуточно, поэтому ключевые требования — доступность, работа мобильного клиента без связи и поддержка 24/7.

Категория	Требование
Производительность	Отклик интерфейса ≤ 2 с для 95% операций; обновление мнемосхемы ≤ 5 с после события; до 50 одновременных пользователей на станцию
Надёжность	Доступность $\geq 99,5\%$ в месяц; RPO ≤ 15 мин, RTO ≤ 4 ч; мобильное приложение работает офлайн до 8 ч
Безопасность	Ролевой доступ, 2FA для администраторов, TLS 1.2+, шифрование БД, журнал аудита с хранением 3 года; соответствие законодательству РК об информатизации и персональных данных
Размещение данных	На территории РК; SaaS в облаке РК или on-premise в контуре заказчика (контейнерное развёртывание)
Масштабируемость	До 10 станций и 5 000 вагонов в наличии в одном контуре без деградации
Интерфейс	Веб: актуальные Chrome, Edge, Яндекс Браузер; мнемосхема от 1920×1080; мобильное приложение — Android 10+; языки — русский и казахский

Категория	Требование
Поддержка	Реакция на критичный инцидент ≤ 1 ч, 24/7; на прочие — в рабочее время
Права на ПО	[уточнить: лицензия SaaS или передача прав и исходного кода]

7. Интеграции и обмен данными

MVP работает без внешних интеграций — подход вагонов загружается файлом или вводится вручную; автоматические обмены подключаются на этапе 2 по мере готовности контрагентов.

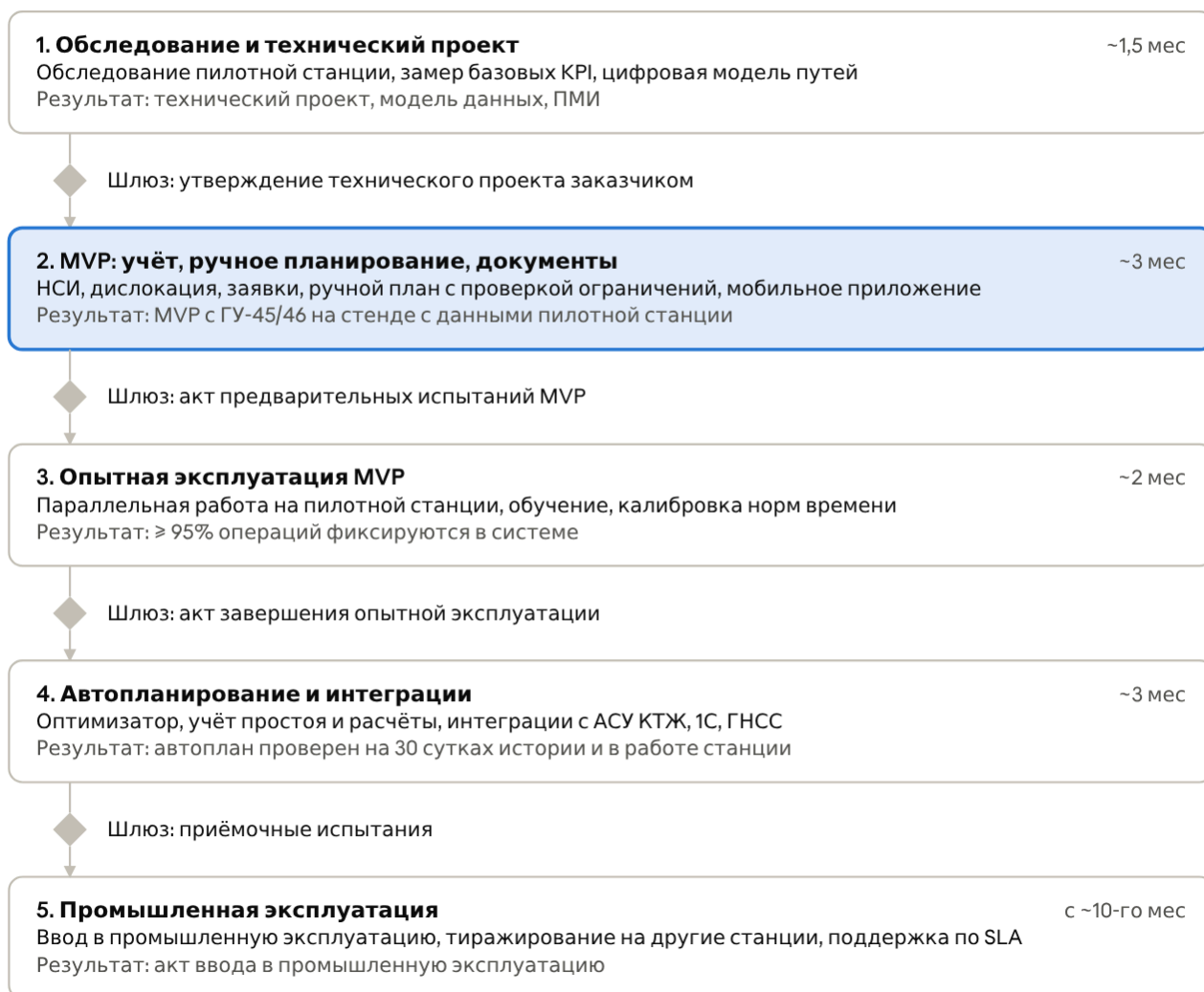
Система	Данные	Направление	Способ	Этап
АСУ перевозок КТЖ	Натурные листы, подход и дислокация вагонов	Вход	Файл (MVP); API по регламенту КТЖ — уточняется	MVP / 2
ЭДО и ЭЦП НУЦ РК	ГУ-45, ГУ-46, ГУ-23	Выход	API, подписание ЭЦП	MVP / 2
1С / ERP заказчика	Контрагенты, начисления за простой и услуги	Двусторонний	REST или XML-обмен	2
Весовые системы	Масса вагонов	Вход	API / OPC UA	2
ГНСС-трекеры локомотивов	Координаты, скорость	Вход	MQTT / API	2
Системы цехов (MES)	План отгрузок, готовность фронтов	Вход	API	2
Системы операторов вагонов (в т.ч. multicode ОС)	Дислокация и простой вагонов собственника	Выход	API	2

Общие требования: открытый REST API с описанием OpenAPI, событийный обмен через очередь сообщений, журнал всех обменов с повторной отправкой при сбое.

8. Этапы работ

Работа идёт пятью этапами общей длительностью ~10 месяцев; MVP выделен, чтобы станция начала получать эффект от учёта и документов до готовности оптимизатора.

MVP на станции через ~4,5 мес, автопланирование в работе через ~10 мес



этапы работ · 5 этапов, 4 шлюза приёмки

Каждый шлюз — подписанный акт: без него следующий этап не начинается. Сроки уточняются по итогам обследования.

9. Порядок контроля и приёмки

Система принимается в четыре шага; переход к следующему — только после подписания акта предыдущего.

1. **Автономные испытания** Исполнителя по программе и методике испытаний (ПМИ) — протокол.
2. **Предварительные испытания MVP** на стенде с данными пилотной станции — акт.
3. **Опытная эксплуатация** ≥ 2 мес параллельно с действующим порядком работы. Критерии завершения:
 - $\geq 95\%$ операций фиксируются в системе;
 - $\geq 90\%$ ГУ-45/ГУ-46 формируются без ручной правки;
 - 30 суток подряд без критичных дефектов.
4. **Приёмочные испытания** с проверкой критериев раздела 5.5 — акт ввода в промышленную эксплуатацию.

Дефекты классифицируются как критичные, значительные и незначительные; приёмка допускается при отсутствии критичных и значительных. Базовые KPI раздела 2 замеряются до начала опытной эксплуатации и служат точкой отсчёта.

10. Документация, глоссарий, открытые вопросы

Исполнитель передаёт: пояснительную записку к техническому проекту, описание модели данных и НСИ, руководства пользователя по ролям, руководство администратора, описание API (OpenAPI), ПМИ и протоколы испытаний, инструкцию по развёртыванию (для on-premise).

Термин	Значение
ППЖТ	Предприятие промышленного железнодорожного транспорта
Станция примыкания	Станция сети общего пользования, к которой примыкают пути необщего пользования
ДСП	Дежурный по станции
ТРА	Техническо-распорядительный акт станции
Грузовой фронт	Место погрузки или выгрузки на пути с определённой вместимостью

Термин	Значение
Подача / уборка	Перемещение вагонов на грузовой фронт / с грузового фронта
Полурейс	Элементарное маневровое передвижение локомотива с вагонами или без
Натурный лист	Документ с поштучным составом поезда или передачи
ГУ-45 / ГУ-46 / ГУ-23	Памятка приёмосдатчика / ведомость подачи и уборки вагонов / акт общей формы
ЕТСНГ, ЕСП	Единые классификаторы грузов и кодов станций

Открытые вопросы:

- ☐ Пилотная станция и её параметры: пути, вагонооборот в сутки, число локомотивов
- ☐ Доступные интерфейсы с АСУ КТЖ и формат натурального листа
- ☐ Модель поставки: SaaS или on-premise
- ☐ Порядок расчёта платы за простой и тарифы на маневровые услуги
- ☐ Права на ПО и исходный код
- ☐ Наличие ГНСС-оборудования на локомотивах