

Речь для защиты проекта «Цифровой двойник сортировочного центра»

Слайд 1. Титульный

Добрый день, уважаемые члены жюри.

Мы представляем проект команды «Цифровой двойник» — концепцию сортировочного центра маркетплейса и цифровой модели, предназначенной для проверки его работы.

Главная идея нашего проекта заключается в том, что сортировочный центр нельзя рассматривать только как автоматический сортировщик.

Это система взаимосвязанных потоков, ресурсов, людей, оборудования, буферов, ограничений и отказов.

И именно эту систему мы предлагаем анализировать с помощью цифрового двойника.

Слайд 2. Суть решения

Ядро задачи для нас — это не отгрузка транспорта и не хранение товара.

Ядро — путь от входящего смешанного потока до автоматической сортировки и последующего формирования исходящего потока.

На входе мы имеем смешанный поток товаров в КТЯ.

Далее необходимо разобрать паллеты, вскрыть КТЯ, доставить товар к сортировщикам, подать его на фиды, выполнить поштучную автоматическую сортировку и после этого снова собрать товар в КТЯ.

Но на этом процесс не заканчивается.

После формирования КТЯ необходимо решить ещё одну задачу — физически объединить их в рейсы, потому что логических направлений у нас 400, а физических ворот только 20–24.

Поэтому цифровой двойник должен оценивать не отдельную операцию, а весь этот взаимосвязанный контур.

Слайд 3. Исходные параметры

Основной поток задачи — 100 тысяч товаров в час.

При среднем количестве 27 товаров в одном КТЯ мы получаем примерно 3 700 КТЯ в час.

При 20 КТЯ на паллете — примерно 185 паллет в час.

Таким образом, уже на входе мы имеем три взаимосвязанных уровня потока:

100 тысяч товаров,

около 3 700 КТЯ,

и около 185 паллет в час.

При этом 100 тысяч товаров — это именно основной сортируемый поток. NonSort в него не включается.

Также мы учитываем важное ограничение: автомобиль рассчитан на 32 паллеты, но до 16 паллетомест могут быть заняты NonSort-товарами.

Слайд 4. Архитектура центра

Мы предлагаем прямоточную организацию процесса.

Входящий поток проходит через приёмку, буферизацию, распаковку паллет, вскрытие КТЯ, подготовку товара и подачу к сортировщикам.

После автоматической сортировки поток снова собирается в КТЯ, проходит консолидацию, палетизацию и направляется к отгрузке.

При этом мы отдельно моделируем не только товар, но и КТЯ, паллеты, тележки, отходы, возвраты, NonSort и информационные потоки.

Это важно, потому что ограничение одного потока может остановить другой.

Слайд 5. Входящий поток

На входе мы имеем паллеты с перемешанными КТЯ.

То есть задача сортировки начинается ещё до самого сортировщика.

Нужно обеспечить достаточную производительность разгрузки, буферной зоны и распаковки.

При 185 паллетах в час и 20 КТЯ на паллете участок распаковки должен обработать порядка 3 700 КТЯ в час.

Именно поэтому мы не можем просто сказать: «поставим десять сортировщиков».

Если перед ними недостаточно подготовленного товара, их номинальная производительность ничего не даёт.

Слайд 6. Подача товара

После распаковки товар поступает в металлические тележки.

Тележка в нашей модели — это не просто способ перевозки.

Это ограниченный ресурс.

Если тележек недостаточно, распаковка останавливается.

Если их слишком много и они не успевают освободиться, появляется очередь.

Далее тележки доставляются к сортировщикам.

Там оператор извлекает товар и подаёт его на фид.

То есть здесь происходит переход от крупной транспортной единицы к поштучному потоку.

Слайд 7. Сортировочное ядро

Теперь мы приходим непосредственно к ядру задачи.

В базовой конфигурации один автоматический сортировщик имеет производительность 10 тысяч товаров в час.

Чтобы обработать 100 тысяч товаров в час:

$$100\,000 / 10\,000 = 10.$$

Получаем десять сортировщиков.

Но важный момент — одного оборудования недостаточно.

Организаторы задачи дают ориентир: один оператор обеспечивает около 1 000 товаров в час подачи.

Следовательно, на один сортировщик требуется около десяти операторов.

На десять сортировщиков — около ста операторов непосредственно на загрузке.

И это только операторы подачи, а не весь штат сортировочного центра.

Слайд 8. Что происходит после сортировки

После сортировщика товар должен снова превратиться в транспортный поток.

Он поступает в выходные накопители.

Далее формируются КТЯ, они закрываются и маркируются.

Затем начинается консолидация.

И вот здесь возникает одна из ключевых особенностей задачи.

У нас 400 логических направлений, но всего 20–24 физических ворот.

Следовательно, 400 направлений не могут означать 400 ворот.

Нужен промежуточный уровень консолидации — объединение КТЯ в рейсы.

Слайд 9. Узкие места

Мы рассматриваем сортировочный центр как последовательную систему.

Поэтому её общая производительность определяется не самым быстрым участком, а наиболее ограничивающим.

Потенциальные ограничения:

ворота,

разгрузка,

буфер,

распаковка,

операторы подачи,

сортировщики,

выходные накопители,

формирование КТЯ,

консолидация,

палетизация,

транспорт,

и информационная система.

В презентации мы, например, показываем ситуацию с 20 воротами: при двухчасовой загрузке и 32 паллетах в машине теоретический поток может составлять около 160 паллет в час, что ниже требуемых 185.

То есть даже при идеально работающем сортировочном ядре периферийный контур способен стать ограничением.

Слайд 10. Логика цифрового двойника

Здесь находится центральная часть нашего решения.

Модель работает не как статическая схема.

В ней есть:

входные параметры,

генерация потока,

события и состояния,

ресурсы,

очереди,

буферы,

KPI,

ограничения,

сценарии.

То есть мы можем изменить параметр — например, количество сортировщиков — и посмотреть, что произойдёт со всей системой.

Это принципиально отличается от обычного расчёта мощности.

Слайд 11. Сценарии

Мы предлагаем использовать модель не только для штатного режима.

Есть базовый сценарий — 100 тысяч товаров в час.

Есть рост входящего потока до 110–120 процентов.

Есть неравномерное распределение товаров по направлениям.

Есть отказ одного или нескольких сортировщиков.

Есть отключение электроснабжения.

Есть задержка транспорта.

Есть дефицит операторов или КТЯ.

Есть рост NonSort.

Есть накопление пустой тары.

И есть изменение способа консолидации 400 направлений.

Таким образом, модель должна отвечать не только на вопрос «работает ли система», но и на вопрос «при каких условиях она перестаёт работать».

Слайд 12. Отказоустойчивость

Покажу самый простой пример.

Десять сортировщиков по 10 тысяч:

$10 \times 10\,000 = 100\,000$ товаров в час.

Если один выходит из строя:

$9 \times 10\,000 = 90\,000$.

При входящем потоке 100 тысяч товаров в час возникает дефицит 10 тысяч товаров в час.

Очередь начинает расти.

Но если мы поставим 11 сортировщиков:

$11 \times 10\,000 = 110\,000$.

После отказа одного остаётся ровно 100 тысяч.

То есть резервная мощность позволяет пережить отказ без немедленного снижения номинальной пропускной способности.

Но резервирование стоит денег.

И поэтому цифровой двойник должен помочь определить оптимальный баланс между резервом и стоимостью.

Слайд 13. Человеческий фактор

Отдельно мы учли фактор, который часто отсутствует в идеализированных моделях.

Это нарушение технологической дисциплины и повреждение отправок.

В модели различаются:

случайное повреждение,

нарушение технологической операции,

преднамеренное повреждение,

отсутствие контроля,

и рост общей доли повреждённых отправок.

Почему это важно?

Потому что повреждение — это не только проблема качества.

Оно создаёт повторную обработку, переупаковку, возврат и дополнительные транспортные расходы.

Поэтому качество становится частью операционной и экономической модели.

Слайд 14. Экономический слой

Основная задача конкурса всё-таки операционная.

Поэтому экономика у нас не заменяет модель.

Она дополняет её.

Мы рассматриваем CAPEX, OPEX, персонал, энергию, обслуживание, расходные материалы, тару, простои, внутренние перемещения и стоимость обработки единицы товара.

Например, увеличение количества сортировщиков повышает производительность, но одновременно увеличивает CAPEX.

Резерв мощности повышает устойчивость, но тоже стоит денег.

Поэтому вопрос должен звучать не «как сделать максимально производительный центр», а:

«Как получить необходимую производительность при приемлемой стоимости и риске?»

Слайд 15. Консолидация 400 направлений

Здесь мы сравниваем несколько вариантов.

Первый — ручная сортировка.

Она имеет низкий CAPEX, но требует большого количества людей.

Второй — ячейки и накопители.

Третий — конвейер с автоматическими отводами.

Четвёртый — второй сортировщик.

Последние два варианта дают значительно большую производительность, но требуют более сложной инфраструктуры.

Поэтому наша модель позволяет сравнивать эти варианты, а не утверждать заранее, что существует только одно правильное решение.

Слайд 16. Dashboard

Для эксперта результат должен быть понятен не только из формул.

Поэтому мы предлагаем Dashboard, где можно видеть:

товары в час,

КТЯ в час,

паллеты в час,

загрузку сортировщиков,

операторов,

технику,

очереди,

заполнение буферов,

производительность,

качество,

повреждения,

возвраты,

и время восстановления после отказов.

Особенно важно, что изменение входных условий должно позволять увидеть, где именно система начинает насыщаться.

Слайд 17. Соответствие задаче

Если сопоставить нашу концепцию с условиями конкурса, мы закрываем все основные элементы.

Мы рассматриваем движение товаров, КТЯ, паллет и вспомогательных потоков.

Есть автоматизированное сортировочное ядро.

Есть 400 логических направлений при 20–24 физических воротах.

Рассчитаны ключевые производительности.

Учитываются люди, оборудование и площадь.

Есть узкие места.

Есть отказоустойчивость.

Есть сценарный анализ.

Есть экономический слой.

И главное — цифровая модель используется именно как инструмент проверки и сравнения вариантов организации системы.

Слайд 18. Главный результат

Наш результат — не просто схема склада.

И не просто расчёт количества сортировщиков.

Мы предлагаем систему, в которой можно увидеть связь:

поток → ресурс → очередь → ограничение → сценарий → KPI → решение.

Например, мы можем увеличить входящий поток, убрать сортировщик, изменить число ворот или увеличить долю NonSort и увидеть, где возникает проблема.

Именно это, на наш взгляд, является главным практическим смыслом цифрового двойника.

Слайд 19. Развитие

Концепция может развиваться дальше.

Можно автоматизировать разгрузку.

Использовать AGV и AMR.

Добавлять компьютерное зрение.

Использовать ИИ для прогнозирования нагрузки и отказов.

Автоматизировать обработку исключений.

И самое главное — подключать реальные данные объекта к цифровой модели.

Тогда модель перестаёт быть только проектным инструментом и становится инструментом постоянного совершенствования сортировочного центра.

Слайд 20. Итоговая концепция

Если свести всё к одной схеме:

100 тысяч товаров в час.

Десять сортировщиков по 10 тысяч.

Около 3 700 КТЯ в час.

Около 185 паллет в час.

400 логических направлений.

Их консолидация в 20–24 физических ворот.

Но при этом мы не считаем, что достаточно просто выполнить эти цифры.

Нужно проверить, выдерживают ли их все связанные участки.

Слайд 21. Завершение

И поэтому главный вывод нашего проекта следующий.

Цифровой двойник нужен не для того, чтобы красиво показать работу сортировочного центра.

Он нужен для того, чтобы заранее увидеть, где система перестанет справляться.

Мы связываем в одной модели потоки, оборудование, персонал, буферы, ограничения, отказы, качество и экономику.

И затем можем сравнить различные конфигурации и выбрать ту, которая обеспечивает необходимую производительность при приемлемом уровне затрат и риска.

Спасибо за внимание.

Готовы ответить на вопросы.