

Теория организации рынка обязательств вагонных операторов

Владимир Вознесенский <vvoznensky@yandex.ru>

22 Января 2019

Введение

Что за
обязательства?
Зачем вагонным
операторам
обмениваться
обязательствами?
Зачем
операторам
торговая
площадка?
Зачем это
перевозчику?

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

Введение

Что за обязательства?

Введение

**Что за
обязательства?**

Зачем вагонным операторам обмениваться обязательствами?
Зачем операторам торговая площадка?
Зачем это перевозчику?

Проблемы организации площадки

Планы вагонопотоков и перевозок

Выплаты

Вычислительная сложность

Кто и что вычисляет

Заключение

Операторы вагонов заключают с грузоотправителями договора на предоставление погрузочных ресурсов для перевозки грузов по железной дороге:

- ✓ Сервисные контракты - общие, с очень примерными условиями. Не могут быть предметом организованных торгов в силу неконкретности и разной структуры условий.
- ✓ Разовые контракты и заявки-дополнения к сервисным контрактам под конкретные заявки на перевозку. Конкретные грузы, направления и сроки. Можно обмениваться организованно.

Зачем вагонным операторам обмениваться обязательствами?

Введение

Что за обязательства?

Зачем вагонным операторам обмениваться обязательствами?

Зачем операторам торговая площадка? Зачем это перевозчику?

Проблемы организации площадки

Планы вагонопотоков и перевозок

Выплаты

Вычислительная сложность

Кто и что вычисляет

Заключение

- ✓ Купирование технологических следствий децентрализованного управления парком и грузами:
 - ✗ Встречных порожних вагонопотоков
 - ✗ Простоя в ожидании погрузки
 - ✗ А при обмене обязательствами на перевозимый товар ещё и:
 - ✓ Простоя в ожидании разгрузки
 - ✓ Встречных потоков одинаковых товаров
- ✓ Снижение платежей за пробеги и простои
- ✓ Высвобождение погрузочных ресурсов и инфраструктуры
 - ✗ Привлечение новых грузов

Зачем операторам торговая площадка?

Введение

Что за
обязательства?
Зачем вагонным
операторам
обмениваться
обязательствами?

Зачем
операторам
торговая
площадка?

Зачем это
перевозчику?

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

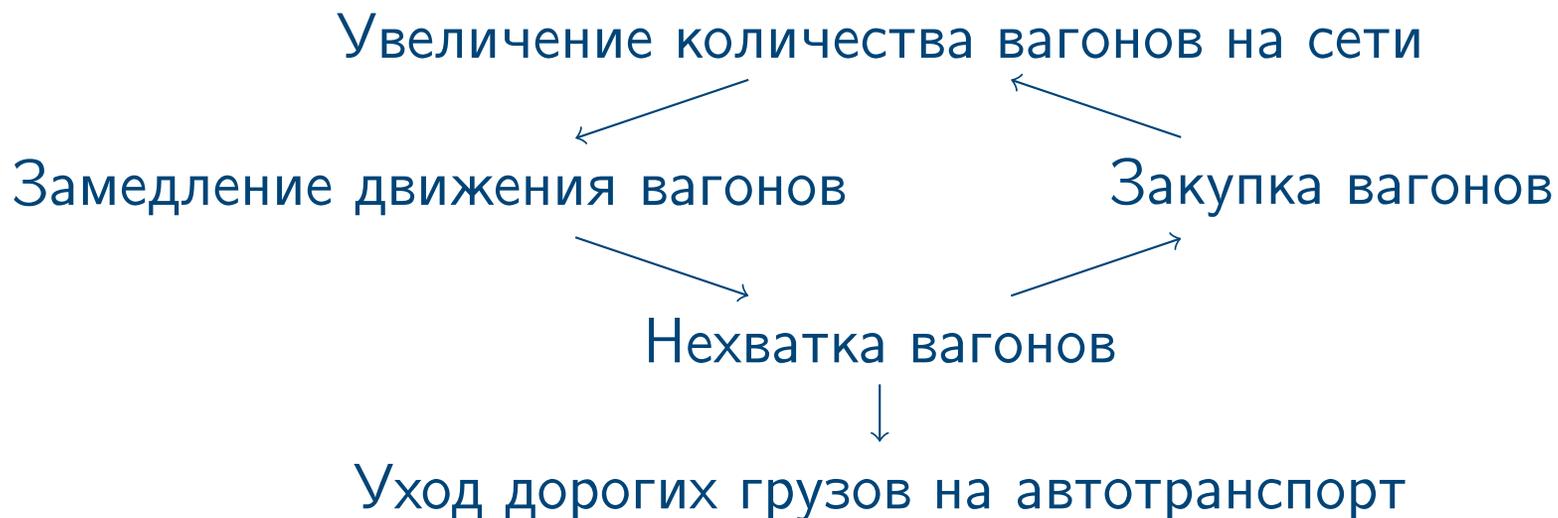
Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

- ✓ Сетевой эффект: чем больше участников, тем больше выгода от обменов
 - ✗ Чем меньше участники, тем большая отдача каждому на 1 вагон
- ✓ Участники торговли передают друг другу:
 - ✗ Договоры (оферт, акцептов, ...)
 - ✗ Документы об исполнении обязательств
- ✓ Эффект от централизации информационных связей:
 - ✗ При одноранговом обмене: связи \propto участники²
 - ✗ При обмене через площадку: связи \propto участники
- ✓ Многосторонние биржевые транзакции снижают риски развала цепочек

Зачем это перевозчику?



- ✓ Уже видели: снижение скорости доставки в 2009-2013
- ✗ Кончилось решением о запрете продления срока службы вагонов.
- ✓ 2018: опять увеличение парка и снижение скорости
- ✗ Какие будут запреты на этот раз?

Введение

Что за обязательства?
Зачем вагонным операторам обмениваться обязательствами?
Зачем операторам торговая площадка?

Зачем это перевозчику?

Проблемы организации площадки

Планы вагонопотоков и перевозок

Выплаты

Вычислительная сложность

Кто и что вычисляет

Заключение

Введение

**Проблемы
организации
площадки**

Как хотелось бы
в идеале
организовать
площадку?

Мечты
несбыточны

Что получается?

Цена:
классическая
биржа vs. рынок
оперирования
вагонами

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

Проблемы организации площадки

Как хотелось бы в идеале организовать площадку?

Введение

Проблемы организации площадки

Как хотелось бы в идеале организовать площадку?

Мечты несбыточны

Что получается?

Цена: классическая биржа vs. рынок оперирования вагонами

Планы вагонопотоков и перевозок

Выплаты

Вычислительная сложность

Кто и что вычисляет

Заключение

(Почти социализм...)

- ✓ Грузовладельцы передают на площадку свои предельные стоимости перевозки
- ✓ Операторы передают на площадку свои издержки предоставления вагонов в аренду
- ✓ Площадка распределяет вагоны и сэкономленные средства образом, выгодным для всех участников

Т.о., минимальные обмены информацией, площадка берёт на себя все вычисления! Просто мечта.

Мечты несбыточны

Введение

Проблемы организации площадки

Как хотелось бы в идеале организовать площадку?

Мечты несбыточны

Что получается?

Цена:
классическая биржа vs. рынок оперирования вагонами

Планы вагонопотоков и перевозок

Выплаты

Вычислительная сложность

Кто и что вычисляет

Заключение

- ✓ По следствиям теоремы Майерсона-Саттертуайта, невозможно одновременно достичь:
 1. Добровольного участия
 2. Совместимости стимулов, в т.ч. раскрытия себестоимостей
 3. Отсутствия субсидий
 4. Максимизации суммы благ, т.е. эффективности
- ✓ Наука пытается достичь 1-3 за счёт доли 4
 - ✗ Простые рынки: один товар, один продавец, ...
 - ✗ Наш сложный: покупателям нужны погрузочные ресурсы, продавцы управляют движением вагонов
 - ✗ Пока что не получается идеальный механизм

Что получается?

Введение

Проблемы
организации
площадки

Как хотелось бы
в идеале
организовать
площадку?

Мечты
несбыточны

Что получается?

Цена:
классическая
биржа vs. рынок
оперирования
вагонами

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

Давайте не будем требовать раскрытия себестоимостей!

- ✓ Публичная цена = частные (маржа + издержки)
- ✓ Т.о., каждое обновление котировок одной из сторон будет порождать перерасчёт котировок и плана управления вагонами прочими сторонами
- ✓ Следовательно:
 - ✗ Большое количество обменов котировками
 - ✗ Гигантский объём вычислений

Цена: классическая биржа vs. рынок оперирования вагонами

Введение

Проблемы организации площадки

Как хотелось бы в идеале организовать площадку?

Мечты несбыточны

Что получается?

Цена: классическая биржа vs. рынок оперирования вагонами

Планы вагонопотоков и перевозок

Выплаты

Вычислительная сложность

Кто и что вычисляет

Заключение

- ✓ Клиент: как на товарных и фондовых биржах
- ✗ Клиента интересует цена на единицу услуги
- ✓ Оператор: не как на обычных биржах
- ✗ Себестоимость услуг зависит от всего плана управления вагонами: пробегов, простоев, ...
- ✗ Да ещё и нелинейно
- ✓ Т.е. себестоимость - понятие всего плана управления вагонами, а не одной перевозки и не одного оператора
- ✓ Т.о., биржевая транзакция (неразделяемый набор заключаемых сделок) должна состоять в переходе от плана управления к другому плану
- ✗ Тогда что есть цена, куда закладывается маржа?
- ✗ Цена на единицу чего должна котироваться?

Введение

Проблемы
организации
площадки

**Планы
вагонопотоков и
перевозок**

Оборот вагона и
структура
издержек

План управления
вагонопотоками

Величины плана
План управления
вагонопотоками и
перевозками
грузов

Переход от плана
 Π к плану Π'

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

Планы вагонопотоков и перевозок

Оборот вагона и структура издержек

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Оборот вагона и
структура
издержек

План управления
вагонопотоками
Величины плана
План управления
вагонопотоками и
перевозками
грузов

Переход от плана
 Π к плану Π'

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

- ✓ Этапы оборота вагона - операции:
 - ✗ Пробег порожний и с грузом
 - ✗ Ожидание погрузки и разгрузки
 - ✗ Нахождение под погрузкой и разгрузкой
- ✓ Каждая операция с вагоном:
 - ✗ Происходит в пункте и в дату (или в их парах)
 - ✗ Порождает переменные издержки оператора
 - ✓ Дать операторам привязывать цену (и маржу) к операции? Как? См. дальше.
- ✓ Будущие (альтернативные) издержки оператора:
 - ✗ Конечные дислокации не одинаково выгодны
 - ✗ Могут оценить отраслевые экономисты

План управления вагонопотоками

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Оборот вагона и
структура
издержек

**План управления
вагонопотоками**

Величины плана
План управления
вагонопотоками и
перевозками
грузов

Переход от плана
 Π к плану Π'

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

- ✓ Описывается количествами вагонов, проходящих каждую из операций
- ✓ Каждая величина количества вагонов привязана к:
 - ✗ Виду операции
 - ✗ Дате нахождения или датам отправки и прибытия, рассчитываемым, например, по нормативам
 - ✗ Пункту нахождения или пунктам отправки и прибытия
 - ✗ Группе вагонов (оператор, типоразмер, ...)
- ✓ Величины связаны соотношениями баланса и проч.
- ✓ Если пара пунктов отправки и прибытия вагона определяется на торговой площадке, то такой величиной описывается каждая возможная пара

Величины плана

Введение

Проблемы организации площадки

Планы вагонопотоков и перевозок

Оборот вагона и структура издержек

План управления вагонопотоками

Величины плана

План управления вагонопотоками и перевозками грузов

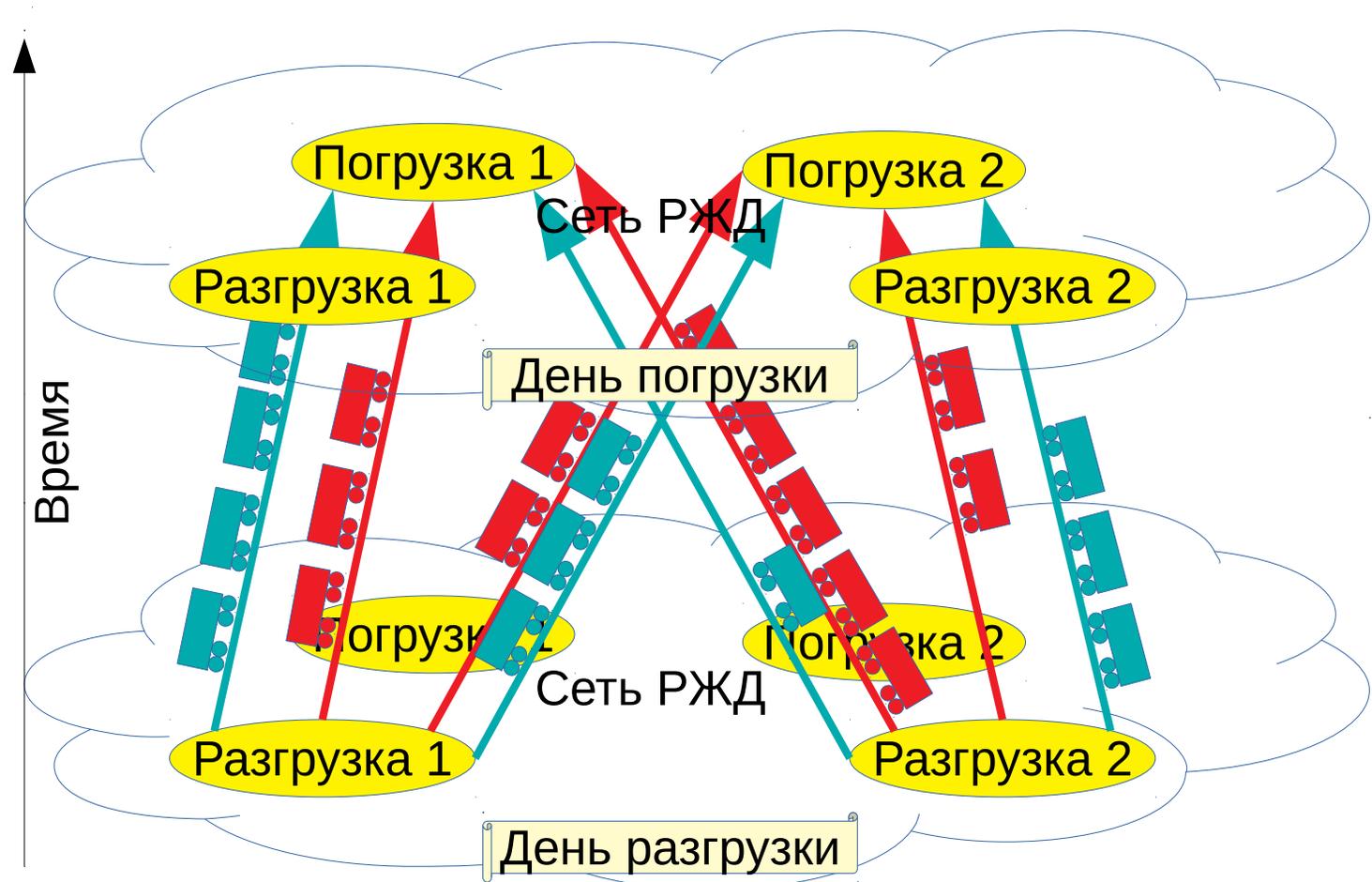
Переход от плана II к плану II'

Выплаты

Вычислительная сложность

Кто и что вычисляет

Заключение



Стрелка – порожний вагонопоток. Цвет стрелки – группа вагонов. Количество вагонов по стрелке – величина плана.

План управления вагонопотоками и перевозками грузов

Введение

Проблемы организации площадки

Планы вагонопотоков и перевозок

Оборот вагона и структура издержек

План управления вагонопотоками

Величины плана
План управления вагонопотоками и перевозками грузов

Переход от плана Π к плану Π'

Выплаты

Вычислительная сложность

Кто и что вычисляет

Заключение

Грузовые операции с вагонами порождаются грузами

- ✓ Перевозки грузов оплачиваются грузовладельцами
- ✓ Грузёные вагоны привязаны к грузам и порождают план перевозок:
 - ✗ Величины количеств вагонов, перевозящих конкретные грузы
 - ✗ План перевозки груза не больше технической нормы погрузки выделенных под него вагонов
 - ✗ Если груз порождён грузовладельцем, то величины для данного груза связывают одну пару терминалов погрузки и выгрузки
 - ✗ Если площадка интегрирована с товарной биржей, то величины могут связывать любые базисы

Переход от плана Π к плану Π'

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Оборот вагона и
структура
издержек

План управления
вагонопотоками

Величины плана
План управления
вагонопотоками и
перевозками
грузов

Переход от плана
 Π к плану Π'

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

- ✓ Придумать новый план Π' , удовлетворяющий балансу вагонов и прочим ограничениям может кто-то один:
 - ✗ Площадка
 - ✗ Любой из участников
- ✓ Как соблюсти заявленные интересы участников при смене плана?
 - ✗ Путём выплат: либо вагоны и грузы участника не затрагиваются, либо смена плана оплачивается так, как захотел этот участник.
- ✓ За чей счёт должны быть эти выплаты?
 - ✗ Пусть инициатор изменения плана его оплачивает
 - ✗ ...забирая себе получившуюся экономию и выгоду!

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Введём
обозначения
Гонорар
инициатору
изменений плана

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

Выплаты

Введём обозначения

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Введём
обозначения

Гонорар
инициатору
изменений плана

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

- ✓ План Π состоит из величин $\alpha = \alpha(\Pi) \in A$
- ✓ Пусть $x_\alpha = \alpha(\Pi') - \alpha(\Pi)$
- ✓ Представим изменение x_α величины α как разницу $x_\alpha^+ \geq 0$ и $x_\alpha^- \geq 0$

$$x_\alpha = x_\alpha^+ - x_\alpha^-$$

- ✓ Пусть каждый оператор для каждого своего x_α^+ задаёт выплату k_α^+ ему за каждый вагон, добавившийся к x_α
- ✓ Пусть каждый оператор для каждого своего x_α^- задаёт выплату k_α^- от него за каждый вагон, отнятый от x_α
- ✓ k_α^+ и k_α^- не включают тариф перевозчика

Гонорар инициатору изменений плана

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты
Введём
обозначения

Гонорар
инициатору
изменений плана

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

$$\begin{aligned} & \text{ГОНОРАР}(\Pi, \Pi') = \\ & = \text{ОПЛАТА_ГРУЗОВ}(\Pi') - \text{ОПЛАТА_ГРУЗОВ}(\Pi) - \\ & \quad - \text{НЕУСТОЙКИ_ГРУЗОВ}(\Pi') + \\ & \quad + \text{НЕУСТОЙКИ_ГРУЗОВ}(\Pi) + \\ & \quad + \sum_{\alpha \in A} (k_{\alpha}^{-} x_{\alpha}^{-} - k_{\alpha}^{+} x_{\alpha}^{+}) + \text{РЖД}(\Pi) - \text{РЖД}(\Pi') - \\ & \quad - \text{ПЕРЕАДРЕСАЦИЯ}(\Pi, \Pi') - \text{ПЛОЩАДКЕ}(\Pi, \Pi') \end{aligned}$$

- ✓ Исходя из формулы:
 - ✗ Инициатор: лучший план
 - ✗ Оператор: оптимальные ценовые коэффициенты (см. далее)
 - ✗ Грузовладелец: оптимальную цену перевозки

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

**Вычислительная
сложность**

Хватит ли
инициатору
изменений
вычислительной
мощности?

Может, взять
нишевой
сегмент?

Кто и что
вычисляет

Заключение

Вычислительная сложность

Хватит ли инициатору изменений вычислительной мощности?

Введение

Проблемы организации площадки

Планы вагонопотоков и перевозок

Выплаты

Вычислительная сложность

Хватит ли инициатору изменений вычислительной мощности?

Может, взять нишевой сегмент?

Кто и что вычисляет

Заключение

- ✓ Все станции, все заявки, все вагоны сети РЖД:
 - ✗ 10^{13} искомых величин количеств вагонов и грузов
 - ✗ 10^{10} уравнений ограничений
 - ✗ $> 10^{13}$ коэффициентов в уравнениях

- ✓ Лучшие примеры решённых задач из набора MIPLIB 2010:
 - ✗ 10^6 искомых величин
 - ✗ 10^6 уравнений ограничений
 - ✗ 10^7 коэффициентов в уравнениях

Т.о., оптимизационная задача для всех заявок для всех вагонных операторов на всей сети РЖД слишком велика

Может, взять нишевой сегмент?

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

Хватит ли
инициатору
изменений
вычислительной
мощности?

Может, взять
нишевой
сегмент?

Кто и что
вычисляет

Заключение

- ✓ Цистерны для светлых нефтепродуктов:
 - ✗ 10^9 неизвестных
- ✓ Всё равно задача слишком велика, однако:
 - ✗ Не обязательно решать задачу для всего рынка
 - ✗ Нашли чуть лучший план - можно производить транзакцию
 - ✗ Задача с понятным денежным доходом от её решения - пища для развития вычислительной математики
 - ✗ Вычислительная техника продолжает развиваться, а развитые солверы (Gurobi, IBM CPLEX) не используют новые возможности (GPU, FPGA, ASIC, квантовые BM)

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

**Кто и что
вычисляет**

Кому искать
новый план Π' ?
Как оператору
подбирать цены?

Заключение

Кто и что вычисляет

Кому искать новый план П'?

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

**Кому искать
новый план П'?**

Как оператору
подбирать цены?

Заключение

- ✓ Площадка:
 - ✗ Т.к. план не оптимален, то сложно регулировать и снимать обвинения в манипуляциях
 - ✗ Внутри одной организации сложно организовать конкурентную борьбу за лучшее решение
 - ✗ Других забот полно
 - ✗ Однако, полезно иметь своё "референсное" решение для поддержки малых участников
 - ✓ В т.ч. для снижения потерь от невыполнения обязательств перед клирингом

- ✓ Участники:
 - ✗ Законно блюдут только свой собственный интерес
 - ✗ Конкуренция между исследователями

Как оператору подбирать цены?

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Кому искать
новый план Π' ?

Как оператору
подбирать цены?

Заключение

- ✓ Участник ищет Π'
- ✓ Если лучшего Π' нет, то решаются две оптимизационные задачи:
 - ✗ Какой груз самый близкий по цене за т или ткм к перевозке с участием вагонов данного участника?
 - ✗ Сколько грузовладельцу нужно добавить в цену, чтобы этот груз был перевезён вагонами конкурентов при их ценах?
- ✓ Цены выставляются так, чтобы перебить предложения конкурентов
- ✓ Нужно как-то ограничивать собственные цены, если конкурентов нет: работа для отраслевых экономистов.

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

Выводы
Направления для
НИОКР
Литература

Заключение

Выводы

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

Выводы

Направления для
НИОКР

Литература

- ✓ Рынок обязательств вагонных операторов может быть организован
- ✓ В теории, эта организация может снизить непроизводительные издержки вагонных операторов и привлечь дополнительные грузы на ж.д. сеть
- ✓ Для оптимизации управления всеми вагонами для всех заявок на всей сети в ближайшие годы не хватит вычислительных мощностей и технологий
- ✓ Развитие вычислительных науки и технологий даёт надежду на оптимизацию нишевых рынков, однако нужны НИОКР
- ✓ Остаётся работа и для отраслевых экономистов

Направления для НИОКР

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

Выводы

**Направления для
НИОКР**

Литература

- ✓ Рентабельна ли организация рынков обмена обязательствами вагонных операторов?
- ✓ С каких рыночных ниш начинать?
- ✓ Потребуется ли изменения в организации перевозок?
- ✗ Какие проблемы могут возникнуть?
- ✗ Какие ресурсы следует публиковать и резервировать?
- ✓ Нишевые вычислительные технологии оптимизации
- ✓ Оценка биржевых рисков и гарантийного обеспечения
- ✓ Юридическое и техническое устройство площадки
- ✓ Алгоритмы работы роботов
- ✓ Протокол обмена между площадкой и участниками
- ✓ Как брать комиссию площадки?

Литература

Введение

Проблемы
организации
площадки

Планы
вагонопотоков и
перевозок

Выплаты

Вычислительная
сложность

Кто и что
вычисляет

Заключение

Выводы
Направления для
НИОКР

Литература

1. В. А. Вознесенский. Теоретические предпосылки организации рынка аренды вагонов // Бюллетень Транспортной Информации. № 9 (279) 2018
2. В. А. Вознесенский. Алгоритм поведения участника организованного рынка обмена обязательствами предоставления вагонов в аренду // Готовится к публикации