|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **Математическая модель заказов и транспортировки**   |  |  | | --- | --- | | **Разработано:** | **Институт Автоматизации проектирования РАН** | | **Версия документа:** | **0.3** | | **Дата создания:** | **15.12.2013** | | |
| **Москва – 2013** | |

**Контроль изменений документа**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Имя изменившего** | **Дата изменения** | **Версия** | **Описание изменения** |
| Нелюбин А.П. | 03.12.2013 | 0.1 | Первоначальная версия документа. |
| Нелюбин А.П. | 10.12.2013 | 0.2 | Параметры модели заказов скорректированы по замечаниям.  Добавлены вычисляемые параметры.  Добавлены параметры модели транспортировки. |
| Нелюбин А.П. | 15.12.2013 | 0.3 | Параметры модели заказов скорректированы по замечаниям. |

**оглавление**

1. Математическая модель заказов 4

1.1. Общее описание модели 4

1.2. формальное описание модели 4

2. Математическая модель транспортировки 8

2.1. Общее описание модели 8

2.2. формальное описание модели 8

1. **Математическая модель заказов**
   1. **Общее описание модели**

В модели описаны исходные параметры заказов, необходимые для оптимизации расписания их выполнения, а также взаимосвязь этих параметров. В отдельный объект вынесен продукт заказа, который составляет справочник технических характеристик готовой продукции заказов (за исключением параметра «длина слитка»).

Сейчас в параметрах всех продуктов указывается код спецификации и завод, на котором имеется эта спецификация. Допускаются два варианта запуска алгоритма оптимизации расписания – с привязкой производимого продукта к заводу и без этой привязки. В случае второго варианта запуска параметр «завод» просто не учитывается.

Исходя из требований клиента, могут быть директивно указаны завод, список литейных агрегатов, на которых следует производить заказ, тип контейнера для транспортировки (только для внутреннего рынка).

Крайний срок отгрузки заказа *DueDate* устанавливается заказчиком и согласуется отделом сбыта. Предполагаемый срок отгрузки заказа *ShippingDate* устанавливается транспортным отделом. Целевая функция оптимизационной модели содержит штрафные функции, учитывающие нарушение этих сроков в планируемом расписании. При производстве заказа до срока отгрузки *ShippingDate* полагается, что отгрузка будет производиться в день *ShippingDate*. Для этого случая также предусмотрен штраф целевой функции.

На этапе планирования «Кор. 0», 10 – 18 числа, известны крайние сроки отгрузки заказов *DueDate*. Но нет ограничений по срокам отгрузки *ShippingDate* и по числу контейнеров. Эти параметры определяются транспортным отделом по результатам оптимизации.

* 1. **ФОРМАЛЬНОЕ описание модели**

**Объект**: продукт *prod*

**Известные параметры** продукта:

- *Form*(*prod*) – форма. Значения: BILLET (цилиндрический слиток), SLAB (плоский слиток), INGOT (чушка мелкая), WIREROD (катанка), T-BAR (Т-образная чушка), NON-STANDART SLAB (негабаритный слиток), BLANK (Рондель)

- *Profile*(*prod*) – геометрический профиль (поперечное сечение) слитка:

- *Diameter*(*prod*) – диаметр (мм) (для BILLET и WIREROD)

- *Width*(*prod*) – ширина (мм) (для SLAB и T-BAR)

- *Height*(*prod*) – высота (мм) (для SLAB и T-BAR)

- *Weight*(*prod*) – вес чушки (т) (для INGOT)

- *Serie*(*prod*) – серия сплава

- *Mark*(*prod*) – марка сплава

- *Spec*(*prod*) – техническая спецификация

- *Plant*(*prod*) – завод, на котором имеется данная техническая спецификация

- *Clipping*(*prod*) – длина обрези заготовок

- *Homogen*(*prod*) – производится ли гомогенизация (*true*/*false*)

- *Filtration*(*prod*) – производится ли фильтрация. Значения: NO, PTF, PDBF, PTF/PDBF.

- <map>*El*min(*prod*, *element*) – минимальное содержание химического элемента *element* (значения: *Fe*, *Si*, *Cu*, *Mg*, *Mn*, *Ti, …*) в продукте (<map> – соответствие: *element* → содержание в %)

- <map>*El*max(*prod*, *element*) – максимальное содержание химического элемента *element*

- *Cob*(*prod*) – коэффициент расхода сырца (от кг в 1 тонне лучше перейти к безразмерной величине)

**Отношения** между продуктами:

1. Совпадение сечений у слитков продуктов *prod*1и *prod*2.

Условие равносильно:

(для SLAB и T-BAR)

или  (для BILLET и WIREROD)

или  (для INGOT)

1. Принципиальная возможность объединения продуктов для литья в одной ходке.

Условие выполняется, когда :

**Объект**: заказ *i* (всего около 700)

**Известные параметры** заказа:

- *Vorder*(*i*) – объем заказа по заявке (т)

- Δ–(*i*) – отрицательный допуск по объему (т)

- Δ+(*i*) – положительный допуск по объему (т)

- *DueDate*(*i*) – крайний срок отгрузки ГП (дата) (может выходить за рамки планируемого месяца)

- *ShippingDate*(*i*) – срок отгрузки ГП, установленный транспортным отделом (дата)

- *Dest*(*i*) – пункт назначения ГП

- *Prem*(*i*) – премия сплава

- *Prod*(*i*) – продукт. Сюда входят перечисленные выше параметры продукта. Для краткости будем обозначать: *Form*(*i*) *Form*(*Prod*(*i*)) и т.д.

- *Lenght*(*i*) – длина слитка (мм) (для SLAB, BILLET, T-BAR)

- <list>*Plantdirective*(*i*) – директивный список заводов производства (при наличии требования клиента)

- <list>*CAdirective*(*i*) – директивный список ЛА, на которых должен выполняться заказ (при наличии требования клиента)

- *ContTypedirective*(*i*) – директивный тип контейнера для перевозки (при наличии требования, только для внутреннего рынка)

- *DaysShiftsdirective*(*i*) – директивные день и смена производства (при наличии требования)

- *TimePriority*(*i*) – приоритет заявки по срокам (степень обязательности выполнения сроков)

- *VPriority*(*i*) – приоритет заявки по объему (степень обязательности выполнения ограничений по объему с учетом предельных допусков)

**Вычисляемые параметры** (на основе известных) заказа:

- *Weight*(*i*) – вес слитка SLAB (т):

где *ρ* – плотность алюминия (~2,741 т/м3 = 2,741∙10-9 т/мм3)

- *Weight*(*i*) – вес слитка T-BAR (т):

где – погонный вес Т-образной чушки (т/мм)

- *Weight*(*i*) – вес слитка BILLET или WIREROD (т):

**Вычисляемые параметры** заказа на этапе Presolve:

- <map>*FeasibleSGP*(*i*, *plant*) – имеющаяся ГП, подходящая под заказ (<map> – соответствие: завод *plant* → имеющийся объем в тоннах):

**Искомые параметры** заказа:

- *V*(*i*) – объем заказа по плану (т) (сумма объемов частей)

- *M*(*i*) – количество частей заказа

- <list>*OrderParts*(*i*) – список (массив от 1 до *M*(*i*)) частей заказа (не упорядоченный по времени выполнения, так как части могут выполняться параллельно на разных ЛА)

**Объект**: часть *m* заказа *i*, *m* = 1, …, *M*(*i*)

**Искомые параметры** части заказа:

- *V*(*i*, *m*) – объем части заказа (т)

- *k*(*i*, *m*) – ЛА, на котором выполняется часть заказа (равно 0, если данная часть заказа берется с СГП)

- *PlantSGP*(*i*, *m*) – завод, на котором расположен СГП (если часть заказа берется с СГП)

- *TS*(*i*, *m*) – время начала исполнения части заказа (дата, номер смены, время)

- *TF*(*i*, *m*) – время окончания исполнения части заказа (дата, номер смены, время)

- *nCasts*(*i*, *m*) – число ходок части заказа

- <map><list>*Casts*(*i*, *m, day, shift*) – список ходок части заказа, исполняемых в день *day* в смену *shift* (<map> – соответствие: кортеж <*day*, *shift* > → список ходок)

**Вычисляемые параметры** (на основе искомых) части заказа:

- или – завод производства части заказа

**Ограничения** (взаимосвязь параметров) для заказов и их частей:

1. Равенство общего планируемого объема сумме объемов частей:
2. Кратность объема частей (и, следовательно, общего объема) весу слитка (для BILLET, SLAB, T-BAR):

Для INGOT, WIREROD объем части выражается в тонах:

1. Если для части заказа (*i*, *m*) выбран СГП завода *PlantSGP*(*i*, *m*), то объем этой части не может превышать объем соответствующего продукта на выбранном складе:
2. Соответствие планируемого объема заявке (для приоритетных по объему заказов только первое условие, для остальных заказов – одно из трех по сценарию запуска):
3. Выполнение крайних сроков производства заказа:
4. Выполнение установленных сроков отгрузки заказа:

В зависимости от сценария запуска системы, ограничения (5) – (6) могут отсутствовать, или могут быть преобразованы в штрафные функции. При запуске системы с учетом приоритетов заказов, ограничения (5) – (6) могут быть отсортированы.

**Функции штрафа:**

За хранение готовой продукции по части заказа (*i*, *m*) до установленного срока отгрузки:

где *LME* – курс продажи металла,

*I* – процентная ставка по кредиту в год.

1. **Математическая модель транспортировки**
   1. **Общее описание модели**

Рассмотреть возможность декомпозиции задачи. Оптимизационные задачи выбора числа контейнеров того или иного типа решаются отдельно от общей оптимизационной задачи. В этих подзадачах уже известны объемы частей заказов. То есть оптимизация транспортировки производится для уже построенного варианта расписания.

С другой стороны, на этапе генерации расписания целесообразно учесть кратность объемов частей заказов, производимых на одном заводе, грузоподъемности вагонов. Особенно это относится к полувагонам и слиткам SLAB и BILLET длины свыше 4-5 метров.

* 1. **ФОРМАЛЬНОЕ описание модели**

Далее перечислены необходимые для данной модели параметры объектов.

**Объект**: завод *plant*

**Известные параметры** завода:

- <map>*TrCost*(*plant*, *dest*, *cont, form*) – тариф на перевозку в пункт назначения *dest* в контейнере *cont* (руб.) (<map> – соответствие: кортеж <*dest*, *cont, form>* → стоимость)

- <map>*nCont*(*plant*, *cont*) – доступное количество контейнеров *cont* для транспортировки с завода (<map> – соответствие: *cont* → количество)

**Объект**: контейнер *cont*

**Известные параметры** контейнера:

- *Type*(*cont*) – тип. Значения: КВ – крытый вагон, ПВ – полувагон, Конт – контейнер, МорКонт – морской контейнер.

- *Capacity*(*cont*) – грузоподъемность (т)

**Объект**: заказ *i*

**Известные параметры** заказа:

- *Dest*(*i*) – пункт назначения ГП

- *Prod*(*i*) – продукт

- *Lenght*(*i*) – длина слитка (мм) (для SLAB, BILLET, T-BAR)

- *Weight*(*i*) – вес слитка или чушки

**Объект**: часть *m* заказа *i*, *m* = 1, …, *M*(*i*)

**Известные (в данной модели) параметры** части заказа:

- *V*(*i*, *m*) – объем части заказа (т)

- – завод производства части заказа

**Объект**: совокупность частей заказа, производимых на одном заводе (*i*, *plant*)

**Известные вычисляемые параметры**:

- *V*(*i, plant*) – сумма объемов частей заказа, выполненных на заводе *plant* (т):

**Искомые параметры**:

- <map>*nCont*(*i, plant, cont*) – количество контейнеров типа *cont*, используемое для перевозки всех частей заказа с завода *plant* (<map> – соответствие: *cont* → кол-во)

**Ограничения** (жесткие или рекомендательные, штрафные):

1. Кратность объема отгружаемых частей весу слитка (для BILLET, SLAB, T-BAR):

Для INGOT, WIREROD кратность тонне:

**Постановки оптимизационных задач для расчета числа контейнеров**

**Формулы для расчета транспортных издержек**