**Математическая модель на этапах генерации расписания**

**Этап предварительных вычислений (Presolve)**

На этом этапе вычисляются дополнительные параметры объектов, отношения между объектами, позволяющие сформировать или сузить множество допустимых значений искомых параметров, а также наметить преимущественные (первоочередные) области поиска этих значений. При этом используются только значения известных параметров модели.

**Вычисляемые параметры** заказа:

- <list>*FeasibleLA*(*i*) – список ЛА, на которых может быть выполнен заказ.

Добавить проверку.

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

Добавить проверку.

**Бинарные отношения** между заказами:

1. Возможность объединения заказов для одновременного литья.

Для этого надо проверить, совпадают ли заказы *i*1 и *i*2 по геометрическим и технологическим параметрам, а также возможно ли совместить их производство в части требований по химии (т.е. пересекающийся между двумя ТС допуск по содержанию каждого химического элемента («коридор») должен быть выше определенного минимума, чтобы можно было с незначительными рисками приготовить расплав, подходящий под требования обеих спецификаций). Условия:

где  *–* наименьшее общее кратное длин слитков в заказах *i*1 и *i*2,

Например, если длины слитков *Lenght*(*i*1) = 1500 мм и *Lenght*(*i*2) = 2000 мм, то можно отливать заготовки длиной (6000 + *Clipping*) мм.

– максимальная длина заготовки (мм) (вообще говоря, зависит от агрегата; если будет получено *LCM* в пределах 3-4 м, то для объединенного литья подойдет любая оснастка с любым числом кристаллизаторов; если же будет получено *LCM* под 7 м, то объединенное литье можно будет осуществлять только на некоторых оснастках),

*ChemRange*(*element*) – минимально допустимый коридор по химическому элементу в %,

*TimeRange* – допустимый интервал времени между датами отгрузки двух заказов, при котором целесообразно объединять производство этих заказов.

1. Возможность перехода между выполнением заказов *i*1 и *i*2 с минимальными затратами времени и средств. Здесь также должны быть близкие значения времени отгрузки:
   1. Определение возможности перехода с предыдущей марки на последующую (без промывки):

*ChMark*(*mark*(*i*1), *mark*(*i*2)) = *true*

* 1. Определение возможности не проводить переоснастку и переналадку на агрегате:

(для INGOTS)

**Этап генерации пробного (Sample) расписания**

Пробное расписание – это результат выбора искомых параметров, независимо от того, как этот выбор осуществляется (варьированием, поиском, эвристическим подбором и т.п.). Пробное расписание может быть нереализуемым (недопустимым), если оно не удовлетворяет всем жестким ограничениям модели. Если последовательность выбора искомых параметров выстроить надлежащим образом, то можно получить дополнительные преимущества модели. А именно, можно сформировать и сузить допустимое множество значений одних искомых параметров, зная уже выбранные значения других искомых параметров.

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. Если для части заказа (*i*, *m*) выбран агрегат *k*(*i*, *m*), то:
   1. Объем этой части не может быть меньше минимального объема ходки выбранного агрегата (минимальный объем ходки зависит от продукта заказа, а именно длины слитка) (для BILLETS, SLABS, T-BARS):

,

где

*Blanks*(*k*, *i*) – количество одновременно отливаемых заготовок в зависимости от параметров слитка и агрегата, на котором он отливается,

*ρ* – плотность алюминия (~2,741 т/м3).

* 1. Объем этой части рекомендуется выбирать равным объему ходки агрегата, который определяется следующим образом:

где параметры

*Blanks*(*k*, *i*) – количество занятых кристаллизаторов на литейной машине,

*Ingots*(*k*, *i*) – количество слитков в одной заготовке

определяются путем решения оптимизационной задачи:

s.t. ,

Если получено более одного решения этой оптимизационной задачи, то среди них выбирается то, в котором минимально *Ingots*(*k*, *i*).

1. Если для части заказа *i* выбран тип контейнера *ContType*(*i*), то объем заказа или некоторой совокупности его частей, отгружаемых одновременно, целесообразно выбирать кратным объему контейнера.