

## Оптимизация портфеля заказов для сортопрокатного производства

Компания IBS разработала для металлургических предприятий решение по оптимизации портфеля заказов для сортопрокатного производства. Информационная система позволяет на основе данных о производстве и имеющихся сбытовых заказах выбирать и группировать заказы в портфеле таким образом, чтобы добиться оптимальных затрат сырья и времени при выпуске продукции, снизить себестоимость товара, при этом обеспечив своевременное выполнение контрактов с потребителями. Решение основано на применении методов динамического моделирования. Чтобы обеспечить сложную, многокритериальную и многомерную оптимизацию использовались технологии генетических алгоритмов, реализованные в пакете PowerSim Studio 2005.

### Постановка задачи

Суть задачи состоит в подборе пакета заказов для выполнения в текущем месяце (или в течение другого периода времени) из общего портфеля заказов таким образом, чтобы показатели производства (время производства, стоимость заявок и др.) были оптимальны

с точки зрения некоторых заданных критериев.

Оптимизационные критерии могут быть как общими для всей выборки заказов (например, максимальная выручка, полученная в заданном наличном времени; минимальное время изготовления; максимальный объем в тоннах, произведенный в заданном наличном времени), так и частными (например, заявки должны быть разбиты по определенным группам).

Подбор заказов для производства с учетом этих критериев должен осуществляться при условии выполнения ряда ограничений, например:

1. Ограничения на объемы выпускаемого металла с определенными технологическими операциями, связанные с производительностью соответствующих агрегатов (вакуумирование, термообработка в проходном и/или садочном режимах и т.д.).

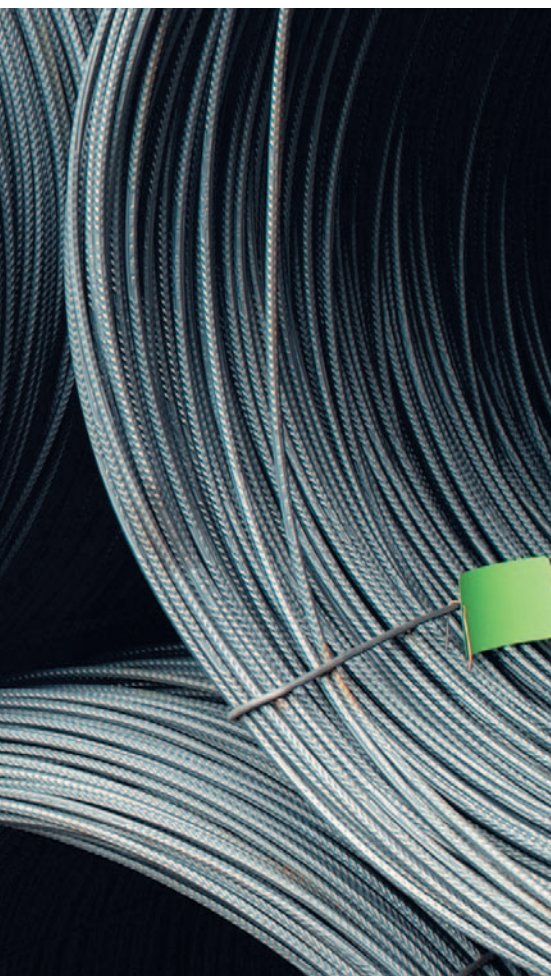
2. Ограничения на объемы продукции с разными видами отделки (защитка, обточка, обдирка и т.д.).

3. Ограничения на объемы по разным профилям (круг, квадрат, литая заготовка). При этом необходимо учитывать, что товарная литая заготовка не проходит через прокатное производство и на загрузку мощностей в прокате не влияет. Но она планируется к выпуску и влияет на общий производимый объем и выручку.

4. В искомый набор должны быть включены заказы для обязательного выполнения, даже если по другим параметрам они не соответствуют критериям оптимизации.

5. Заказы в оптимальном портфеле должны быть сгруппированы по мар-





## Не только ERP

**Илья Орлов**  
 Директор проектов Департамента  
 корпоративных систем управления  
 компании IBS

Долгие годы применение ERP-систем на металлургических предприятиях было наиболее «модной» темой для специалистов по автоматизации. Между тем, польза информационных технологий не ограничивается возможностями систем класса ERP, решением задач бухгалтерии и складского учета. Толчок развитию металлургической компании может дать правильное применение множества разнообразных инструментов автоматизации на разных управленческих уровнях: начиная от стратегического управления холдингом и заканчивая автоматизированным управлением оборудованием отдельного производственного цеха. Без автоматизации практически невозможно выполнять важнейшие управленческие функции: учета, принятия решений, планирования, оптимизации затрат и др. И для каждой из них, для каждого уровня управления, для каждой задачи нужно применять решения, адекватные с точки зрения масштаба, функциональности и стоимости.

Сегодня большинство металлургических предприятий России уже объединились в крупные территориально распределенные холдинги. И, выполняя проекты по автоматизации управления для многих металлургических компаний, мы видим, что для них актуальны информационно-технологические решения самых разных масштабов и уровней.

С одной стороны, это крупные решения масштабов холдинга, таких как Русал, СУАЛ, Металлоинвест или Норильский никель. Здесь, действительно, востребованы и масштабные тиражируемые решения класса ERP, и крупные аналитические системы, системы бюджетирова-



ния и консолидации корпоративной отчетности. (Подробнее о решениях IBS для металлургических холдингов см. статью «Металлургические холдинги строят ИТ-вертикаль» — журнал «Металлоснабжение и сбыт», №9/2006 г. Ее также можно будет прочитать на CD-приложении к спецвыпуску. — Ред.)

С другой стороны, сейчас мы также видим потребности в информационных системах, помогающих решать достаточно специфические задачи металлургического производства, напрямую связанные с экономической эффективностью операционной деятельности. Практическая, коммерческая польза подобных систем видна невооруженным глазом. Например, это касается предлагаемого нами решения по оптимизации портфеля заказов для сортопрокатного производства: применение позволяет достичь вполне реальных результатов, таких как экономия сырья, повышение объемов производства, сокращение себестоимости продукции.

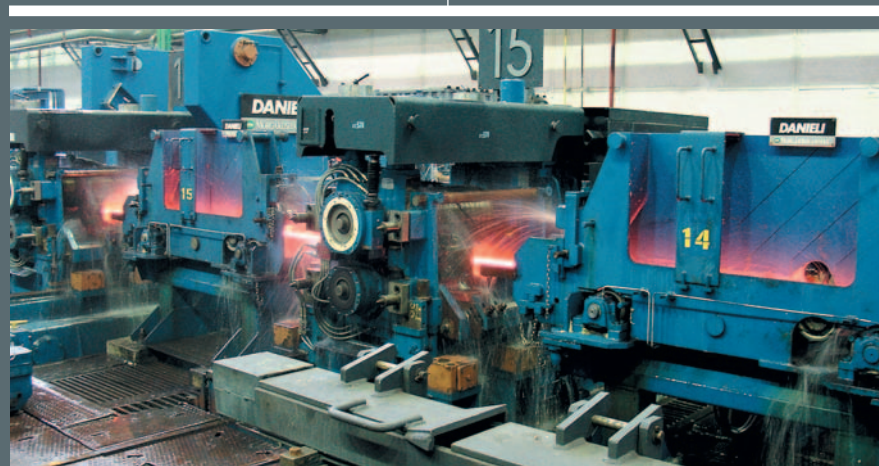
*Информацию о решениях IBS, мнения экспертов IBS, публикации в прессе и презентации продуктов компании можно найти на CD-приложении к специальному выпуску «ИТ в металлургии», а также на веб-сайте Практики корпоративных систем управления IBS <http://mis.ibs.ru>.*

кам стали так, чтобы сформированный объем был кратен объему плавки. Если же строгая кратность не получается, то остаток должен быть минимальным. Необходимо также отображать получаемый остаток плавки (это, по сути, беззаказной металл). Таким образом, в оптимальном наборе заказов должно быть целое количество плавков (или число плавков с минимальным дробным остатком).

6. В оптимальном портфеле должна быть максимальная группировка по профилям размеров (большие по объему группы заказов с одинаковым профилем размером предпочтительнее, чем отдельные заказы или группы заказов с меньшим объемом).

Отобранные в соответствии с заданными критериями и ограничениями заказы и составляют оптимальный портфель на заявленный период.

Для решения подобных задач, как правило, используются различные способы классического математического программирования — как линейного, так и нелинейного, кластерный анализ, нейросети. В предлагаемом IBS-решении используются способы генетичес-



кой оптимизации, так называемые генетические алгоритмы (рис. 1).

## Основные этапы решения задачи

Решение задачи реализовано на базе пакета динамического моделирования PowerSim Studio 2005. Пакет обладает мощным встроенным оптимизатором PowerSim Solver 2.5. Причем, помимо способностей оптимизатора, на металлургическом предприятии могут быть использованы и другие возможности программного продукта по созданию и исследованию динамических моделей производства (например, для моделирования прохождения заказа по технологическим линиям).

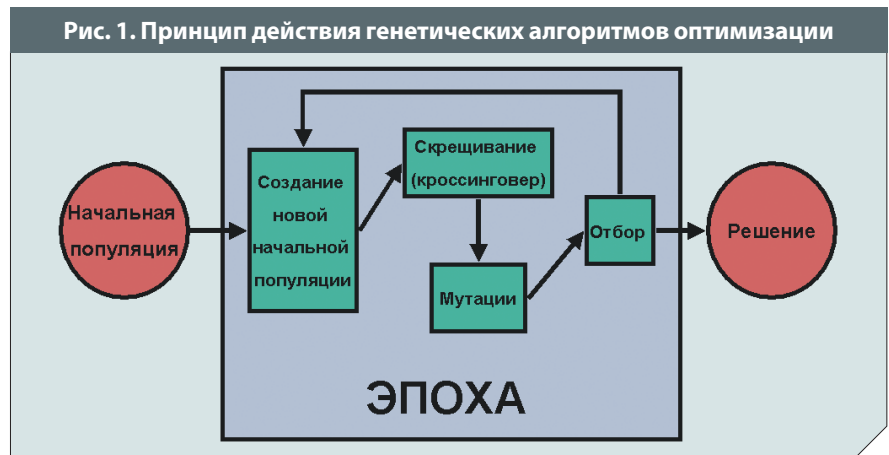
Для решения задачи оптимизации производственного портфеля на первом этапе осуществляется подготовка исходной информации (неоптимизированного портфеля заявок) для использования в качестве входных данных для PowerSim 2005.

Заказы в оптимальном портфеле должны быть сгруппированы по маркам так, чтобы их суммарный объем был кратен объему плавки. Если же строгая кратность не получается, то остаток должен быть минимальным. На этом этапе происходит общая оптимизация портфеля по разным критериям — объему, стоимости, времени изготовления.

На последнем этапе происходит формирование оптимального портфеля. Данные из оптимизатора передаются в исходный портфель заказов, его параметры соответствующим образом пересчитываются.

## Входные и выходные данные

Решение не предъявляет жестких требований к исходным данным: PowerSim Studio 2005 обладает достаточно гибкими возможностями по работе с источниками данных. Это могут быть обычные текстовые файлы, книги Microsoft Excel или данные информационного хранилища SAP BW. В качестве примера можно привести вид входных данных в формате MS Excel (рис. 2). В столбцах располагаются параметры заказа. Последние столбцы содержат критерии выборки. Управляющие кнопки в верхней части служат для управления передачей данных между оптимизатором и MS Excel.



Идея генетических алгоритмов заимствована у живой природы и состоит в организации «эволюционного» процесса среди данных, конечной целью которого является получение оптимального решения в сложной оптимизационной задаче, решить которую затруднительно комбинаторными методами.

После ввода и редактирования исходных данных информация приводится к формату PowerSim. Выбираются значащие для задачи столбцы данных, производится предварительный расчет, параметры приводятся к численному формату PowerSim. Данные портфеля заказов сортируются по маркам стали (это позволяет повысить эффективность работы генетического алгоритма).

Последние столбцы в таблице и представляют собой решение задачи. Они заполняются после работы с оптимизатором.

## Оптимизация портфеля

Всему портфелю заказов ставится в соответствие вектор первичной оптимизации. Длина вектора равна количеству заказов. По этому вектору рассчитываются все глобальные параметры оптимального портфеля: общий объем, количество различных видов заказов по термообработке, отделке и т.д., выручка

от всего портфеля, фонд времени, необходимый для выполнения всех заявок, вошедших в портфель и т.п.

Помимо глобальных требований, необходимо обеспечить оптимальную загрузку сталеплавильной печи. Для этого суммарный объем заказов для конкретной марки стали должен быть как можно ближе к величине, кратной объему плавки.

Еще более жестким требованием оптимизации является включение в загрузку сталеплавильной печи заказов с одинаковым видом и значением профиля размера. Это требование позволяет дополнительно оптимизировать следующий за выплавкой технологический процесс проката.

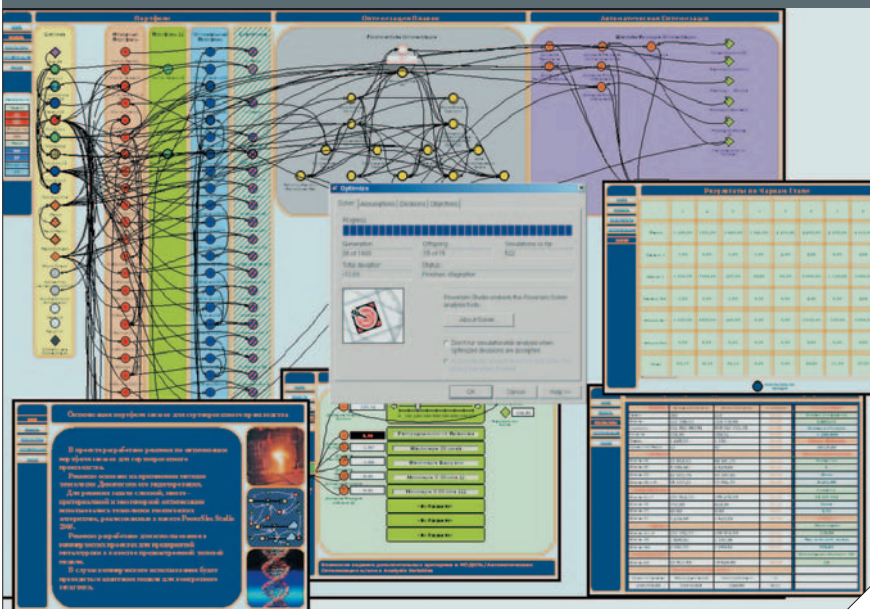
В момент распределения заказов зачастую остается некоторый невостребованный объем данной марки стали. Оптимизационное требование сделать его равным нулю может быть невыполнимо: просто невозможно подобрать такую комбинацию заказов. В этом случае система или увеличивает суммарный объем за счет доли одного из заказов,

**Рис. 2. Исходный портфель заказов**

№		Марка	Буд. ст.	Анализ	Пре-фин. ст.	Дл. ст.	Дл. ст.	Дл. ст.	Дл. ст.	Планир.	Факт.	Цена	ТЦ	Од. изм.	Од. изм. мн.	Выборка в грубо	Выборка в точн.	Выплата в рубле	Выплата в долл.	Остаток после выбора заказа	
5	400014	001	R31 52.3	2713	20	KB	70	MD	6600	30	5265,45	0	0	1	1	1	30	30	0	1	
6	400011	017	45	5421	45	KB	71	MD	4000	40,00	39,23	0	0	1	1	1	40	40	0	2	
7	400009	001	C22.B	2395	20	KB	80	MD	5800	475	5444,53	0	0	0	0	0	0	0	0	4,05	3
8	400008	002	C22.B	2395	20	KB	80	MD	3600	25	5444,53	1	0,12	25	2,25	2,25	21,25	21,25	0	4	
9	400005	001	C22.B	2395	20	KB	80	MD	5800	475	5444,53	0	0	0	0	0	0	0	0	175	5
10	400001	002	C22.B	2395	20	KB	80	MD	3600	25	5444,53	0	0	0	0	0	0	0	0	25	6
11	400019	001	C22.B DIN2395	20	KB	80	MD	6900	61,75	5899,71	1	1	1	1	1	1	81,75	81,75	0	7	
12	400013	002	C22.B DIN2395	20	KB	80	MD	3600	3,25	5899,71	0	0	0	0	0	0	0	0	3,25	8	
13	400015	001	C22.B DIN2395	20	KB	80	MD	6900	61,75	5899,71	1	1	1	1	1	1	81,75	81,75	0	9	
14	400013	002	C22.B DIN2395	20	KB	80	MD	3600	3,25	5899,71	1	1	1	1	1	1	3,25	3,25	0	10	
15	400014	002	R31 52.3	2713	20	KB	80	MD	6600	100	5265,45	1	1	1	1	1	100	100	0	11	
16	400004	002	2706/2706	25	KB	100	MD	7500	121,05	5057,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121,05	



Рис. 3. Программная реализация в среде PowerSim Studio 2005



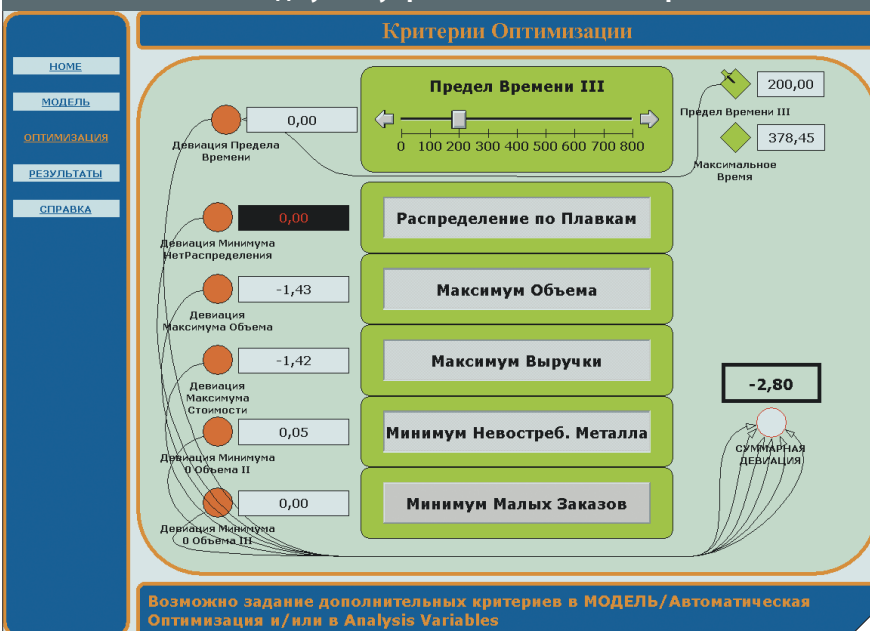
не вошедших в портфель или, наоборот, уменьшает суммарный объем за счет снижения доли одного из заказов, вошедших в портфель. Все процессы удовлетворения кратности объему плавки идут на фоне выполнения глобальных оптимизационных критериев.

Например, можно потребовать, чтобы количество заказов, вошедших в оптимальный портфель, было максимальным или минимальным. Естественно, это приводит к меньшему или большему выполнению плана по отдельной марке стали.

Компания IBS, основанная в 1992 г., является лидером российского рынка информационных технологий и консалтинга. IBS — консалтинговая компания №1 в России (данные журналов «Эксперт», «Финанс», «Коммерсантъ-Деньги»).

Практика корпоративных систем управления IBS в настоящее время располагает крупнейшей в России командой сертифицированных консультантов по внедрению корпоративных информационных систем. Практика работает по принципу отраслевой специализации: в ее структуре выделены экспертные команды, специализирующиеся на проектах в отраслях: ТЭК, металлургия, финансовые услуги, машиностроение, производство ТНП, торговля.

Рис. 4. Вид пульта управления оптимизатором



Также в качестве оптимизируемой величины можно вводить любую другую переменную, описывающую оптимальный портфель.

## Программная реализация

Общий вид решения в среде PowerSim представлен на рисунке 3. Эффективная работа с программой оптимизации требует определенной подготовленности пользователя. Он должен уметь представить требование к портфелю в виде целевых функций и критериев оптимизации. Собственно критерии оптимизации могут вводиться всякий раз «вручную» либо могут быть жестко зафиксированы в модели при адаптации решения к требованиям заказчика. Ряд параметров является обязательным, другие можно выбирать по желанию пользователя.

Возможный вид пульта управления оптимизатором показан на рисунке 4. Во время оптимизации можно вести непрерывный мониторинг величины параметров. После окончания процесса нахождения оптимального решения система обновляет данные и представляет их в необходимом формате. В последних столбцах файла данных (см. рис. 1) представлена выборка заказов, расчет выполнения плана, а также заказы и их доли, оставшиеся на следующий период планирования.

Реализованная на сокращенном портфеле заказов оценка показала высокую эффективность решения. Исходный портфель (около 1 тыс. позиций) был уменьшен до 100 позиций, что позволило выполнить для сравнения «ручную» выборку. Практика работы с оптимизатором показала, что система всегда находила лучшее решение по сравнению с ручной выборкой (при оптимизации по «максимальной стоимости портфеля» эффективность решения была выше на 10—20%). На полном, реальном портфеле, очевидно, может быть достигнут еще больший эффект. С его оптимизацией решение успешно справляется, а вот применение «ручных» методов и способов перебора для оптимизации на такой выборке уже невозможно, поскольку требуется очень большое количество времени. ■

*Подробнее об используемых алгоритмах и математических методах, а также о предлагаемом продукте можно узнать из материалов, размещенных на CD-приложении.*