

ОСОБЕННОСТИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ЧУГУНО- ЛИТЕЙНОМ ЦЕХЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Астахова А.В., Бингер М.Г.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
(г. Барнаул)

В условиях экономического кризиса и соответствующего спада экономики промышленные предприятия, в первую очередь, ориентируются на неукоснительное выполнение договорных обязательств, предусматривающих поставку товаров внешним контрагентам в запланированные сроки, в необходимой номенклатуре, количестве, требуемого качества. При этом в сложившихся экономических условиях графики поставки по договорам могут корректироваться в течение текущего месяца. Сказанное требует научно обоснованного подхода к первоначальному формированию и дальнейшей корректировке оперативных плановых заданий производству. Данная проблема актуальна, в частности, для цеха чугунолитейного ОАО «Алтайский моторный завод», изготавливающего продукцию, как для использования в собственном производстве, так и по кооперации.

Решение задачи автоматизации оперативного планирования производства чугунных изделий потребовало исследования соответствующей предметной области [2], разработки модели и алгоритма календарного планирования производства, программной реализации алгоритма.

Исследуемая предметная область характеризуется следующими основными особенностями. Чугунно-литейный цех (ЧЛЦ) производит отливку деталей из жидкого чугуна. В цехе имеется несколько конвейеров для производства форм и их последующей заливки. На каждом конвейере стоит определенное количество формовочных машин, изготавливающих формы. Одна пара машин выпускает верхнюю и нижнюю часть формы соответственно. На имеющихся в цехе конвейерах производительность формовочных машин различна. Для каждого конвейера из производственно-диспетчерского отдела предприятия выдается план на месяц, в котором указывается: номенклатура деталей, их количество, вес, количество деталей в форме, количество форм с учетом брака, количество жидкого металла для формы, требуемая марка чугуна и так далее. Для того чтобы формо-

вочные машины на конвейере могли производить формы другого типа, им необходимо пройти переналадку; время переналадки на различных конвейерах различно. Формовочные машины на конвейере могут производить формы различных типов и переналадка машин может производиться независимо друг от друга. Однако при этом существует ограничение: вес производимых отливок, должен быть примерно одинаков, во избежание повреждения деталей на последней операции при выходе с конвейера. Естественно, все конвейеры на каждом временном отрезке должны производить формы для отливки деталей из одной марки чугуна, например, СЧ20 или СЧ25. Формы, выпускаемые машинами, в дальнейшем поступают на ленту конвейера для заливки их жидким металлом; время ожидания формой заливки ограничено: нельзя запасти формы впрок, для заливки требуются влажные формы. Тем не менее, на начало рабочей смены может быть приготовлено некоторое количество форм. Металл производится в специальной печке-вагранке непрерывным способом. В час из вагранки выливается 15-18 тонн жидкого чугуна. Металл из вагранки поступает в ковши объемом 2 тонны и далее переливается в формы или более мелкие ковши. Чугун может находиться в ковше не более 10-15 минут, после чего считается непригодным для заливки форм (сливается для последующей переплавки: после того, как отходы металла затвердевают, их измельчают и снова засыпают в вагранку для переплавки). Переплавка – достаточно энергоемкий и дорогостоящий процесс; на текущий момент количество чугуна, отправляемого на переплавку, колеблется в районе 80%. Естественно, данный показатель его требует минимизации.

Помимо собственно производства достаточно продолжительное время занимает процесс планирования. Каждый достаточно короткий промежуток времени (около недели) заместитель начальника цеха по производству формирует очередной план выполнения заказов. Этот процесс совершенно не авто-

ОСОБЕННОСТИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ЧУГУНО-ЛИТЕЙНОМ ЦЕХЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

матризован: порядок выполнения заказов определяется на основе собственных эмпирических знаний специалистов. Подобная работа требует больших временных затрат. Наконец, почти каждый день вносит в первоначальный план изменения. Какие-то заказы могут быть не выполнены вследствие различных субъективных и объективных причин, какие-то, наоборот, - выполнены сверх плана. В итоге эти изменения должны учитываться в оперативном плане на следующий период.

Построенная математическая модель рассматриваемой задачи [1] относится к классу задач теории расписаний, относящихся в общем случае к NP-полным задачам. Особенностью задач теории расписаний является выбор или построение алгоритма определения последовательности выполнения совокупности работ во времени. «Временной» характер задач выделяет их в особый класс, существенно отличающийся от «объемных» экономических задач. Если в последних требуется ответить на вопрос, «что» и «сколько» производить, то в задачах теории расписаний необходимо определить, «когда», в какой последовательности выполнять работы. Это различие в существе задач определяет различие в методах и возможностях их решения. Для задач теории расписаний математический аппарат развит в гораздо меньшей степени. Поиск оптимального или близкого к оптимальному расписания традиционно осуществляется с помощью одного из подходов:

- методов математического программирования,
- комбинаторного подхода,
- использования эвристических алгоритмов,
- статистического (вероятностного) подхода.

Учитывая NP-полноту рассматриваемой задачи, выполнить полный перебор и, следовательно, найти оптимальный график запуска готовой продукции не возможно. Попытка авторов статьи выполнения полного перебора вариантов расписания работ для ЧЛЦ на компьютерной системе, оснащенной двухъядерным процессором Intel Core Duo с тактовой частотой 2,8 GHz и оперативной памятью объемом 2 GB, приводила к длительному зависанию компьютера при расчете последовательности уже из двухсот деталей. Поэтому, учитывая экспоненциальное возрастание времени расчета в зависимости от количества деталей, можно утверждать, что путем полного перебора поиск оптимальной последовательности

довательности запуска предметов производства для реального месячного плана предприятия на персональном компьютере невозможен.

Авторами данной работы в качестве одного из вариантов построения алгоритма решения рассматриваемой задачи рассматривается вероятностный подход, при котором осуществляется формирование приемлемой, а не оптимальной последовательности запуска деталей в производство. На рисунке 1 представлено главное окно разработанной программы.

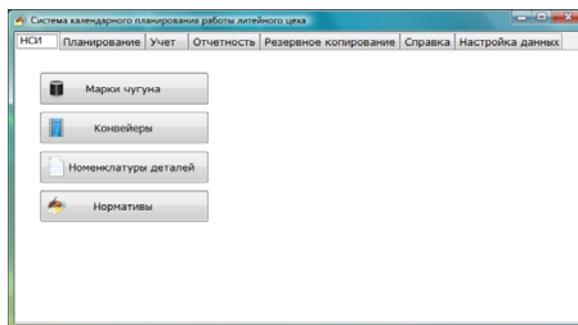


Рисунок 1- Главное окно разработанной программы

Отметим, что при разработке алгоритма решения задачи учитываются следующие требования к ее информационному обеспечению и информационной увязке с другими задачами оперативного планирования основного производства, решаемыми на уровне производственно-диспетчерского отдела (ГДО) предприятия и цехов:

- формирование ведомости «Производственная программа предприятия на месяц», которая содержит план выпуска и запуска готовой продукции предприятия по периодам либо по датам месяца;
- формирование производственной программы предприятия с учетом сроков выпуска и запуска партий готовых изделий по декадам месяца;
- ежемесячное формирование производственных программ цехов, содержащих планы выпуска и запуска продукции цехами – планы по межцеховой кооперации;
- формирование производственных графиков выпуска и запуска партий деталей цехами на плановый период (по датам).

Для реализации алгоритма последней из названных задач, то есть, в частности, для формирования календарного плана производства ЧЛЦ спроектирована база данных, логическая модель которой представлена на

рисунке 2. Данная структура использована в качестве начального варианта проверки приемлемости разработанного алгоритма планирования с учетом технологии производства названного цеха. В дальнейшем предполагается ее доработка для использования в реальных производственных условиях.

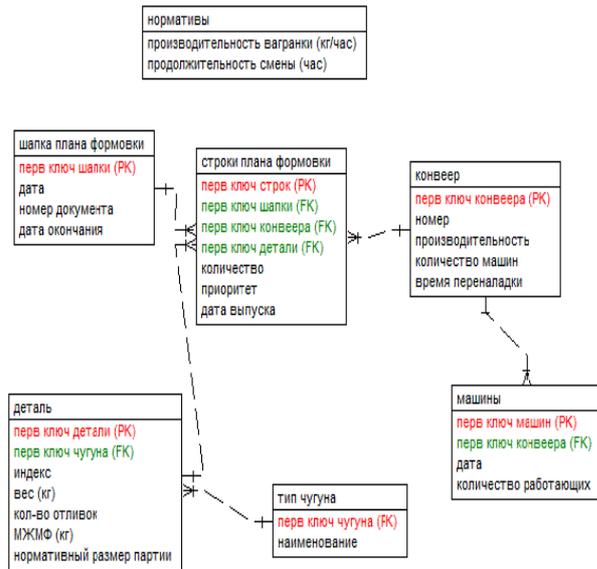


Рисунок 2- Логическая модель базы данных

Суть алгоритма формирования последовательностей планового запуска отливок в производство заключается в моделировании нескольких N последовательностей запуска, где детали располагаются псевдослучайным способом с учетом приоритета и ограничений на параметры модели, обусловленных спецификой предметной области. Приведем примеры некоторых ограничений:

- деталь определенной номенклатуры «привязана» к своему конвейеру и может перемещаться в последовательности запуска только этого конвейера, не «перескакивая» на другой;
- детали должны располагаться в последовательности запуска с учетом марки разливаемого в текущую смену чугуна, из которого они производятся;
- переналадка формовочных машин для перехода к изготовлению другой номенклатуры деталей – длительный процесс, поэтому необходимо ставить рядом партии деталей одного типа.

С помощью оценки по «жесткому» критерию оптимальности [1] лучшая из последовательностей предлагается на рассмотрение специалисту по оперативному планированию

производства, который может внести в нее коррективы.

С увеличением N возрастает и качество предлагаемого графика запуска готовой продукции и, следовательно, уменьшается количество металла, отправляемого на переплавку. Опытные исследования показали, что значения N=50 вполне достаточно для создания приемлемого графика запуска отливок в производство и не «обременительно» даже для слабого персонального компьютера.

Моделирование последовательностей запуска деталей осуществляется с использованием эвристического «правила моментов»: принципа моделирования «по особым состояниям», иллюстрация которого приведена на рисунке 3.



Рисунок 3 - Правило моментов

Согласно правилу моментов, моделирование осуществляется не непрерывно, а во время минимального из «особых» моментов на всех конвейерах. «Особыми» считаются моменты времени выпуска очередной детали либо начала/окончания переналадки оборудования. В каждый из названных моментов времени в программе подсчитывается потребность в жидком металле для заливки форм в цехе. Таким образом, программа моделирует особые состояния производственной системы, которые фиксируются в названные выше «особые» моменты времени.

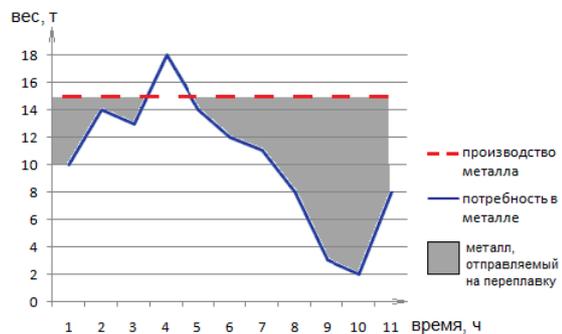


Рисунок 4 - Динамика потребности в металле на заданном периоде планирования

Зная производительность печи-вагранки по производству жидкого чугуна и потребность в металле на протяжении смены, мож-

ОСОБЕННОСТИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ЧУГУНО-ЛИТЕЙНОМ ЦЕХЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

но рассчитать количество металла, отправляемого на переплавку (см. рисунок 4).

Реализованный в программе «жесткий критерий» требует, чтобы разность между минимальной производительностью вагранки и потребностью в металле для формовки была минимальной.

$$\int_0^T \max(0, m - v(t)) dt \rightarrow \min$$

где $[0, T]$ – время моделирования,

m – масса детали (отливки),

$v(t)$ – функция, которая определяет зависимость от времени количества необходимого для формовки жидкого металла.

По-видимому, «идеальным» является вариант, когда потребность в металле постоянно больше минимальной производительностью вагранки.

Разработанный алгоритм и соответствующее программное обеспечение позволяет также строить графики потребности в металле по формовочным машинам, конвейерам и по цеху в целом, а также прогнозировать (оценивать) количество металла, отправляемого на переплавку (см. рисунки 4, 5, 6).

При реализации программного обеспечения в качестве архитектуры системы было выбрано решение «клиент-сервер» с СУБД Microsoft SQL Server 2005, в качестве среды разработки – Microsoft Visual Studio Team System 2008. Для функционирования программы необходим персональный компьютер с операционной системой Microsoft Windows и установленным пакетом Microsoft .NET Framework 2.0.

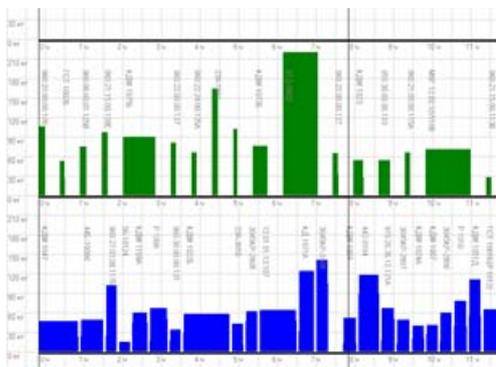


Рисунок 5 - Потребность в металле по конвейерам на заданном периоде планирования

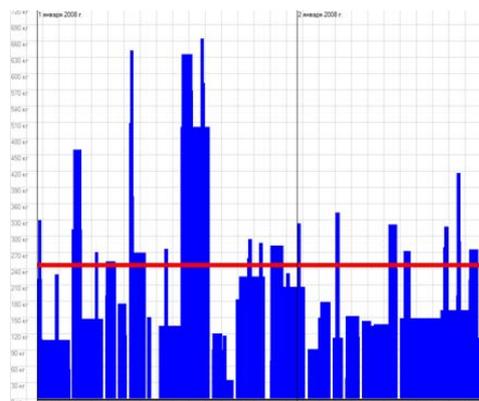


Рисунок 6 - Потребность в металле по цеху на заданном периоде планирования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астахова А., Кантор С. Модель календарного планирования производства в чугуно-литейном цехе // Математическое образование в регионах России [Текст]: материалы Всероссийской научно-практической конференции (21 ноября 2008 г.) – Барнаул: Изд-во БГПУ, 2008. – С. 44 -47.

2. Астахова А., Бингер, М. Автоматизация производственного процесса обеспечения договорных поставок чугунного литья // VI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь-2009" (НиМ-2009). Секция «Информационные и образовательные технологии». Подсекция «Информационные технологии в юриспруденции» [Текст]: / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И.Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, http://edu.secna.ru/publish/gorizonty_obrazovia/2009/n11/nim2009/itu2009.pdf, 2009. – С. 12-15