

# УПРАВЛЕНИЕ СТАНОЧНЫМИ СИСТЕМАМИ: СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ УПРАВЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛОГИСТИКЕ. Часть III

Окончание. Начало в № 4 (70) и № 5 (71).

**В предыдущих частях мы рассмотрели четыре «вытягивающие» системы производственной логистики, положенные в основу управления производством: восполнение «супермаркета», лимитированные очереди FIFO, метод «барабан-буфер-верёвка», лимит незавершённого производства.**

Ранее отмечалось, что эти логистические системы хорошо работают в ритмичных производствах со стабильной номенклатурой выпускаемых изделий, отлаженными и неизменяемыми технологическими процессами, что обычно соответствует массовым, крупносерийным и серийным производствам. Но в производствах единичных и мелкосерийных, где постоянно запускаются новые заказы с оригинальной технологией изготовления, где сроки выпуска продукции диктуются потребителем и могут, вообще говоря, изменяться непосредственно в процессе изготовления изделий, в таких производствах упомянутые выше «вытягивающие» системы производственной логистики теряют свою эффективность.

Ещё одной особенностью мелкосерийных и единичных производств является необходимость выполнения заказов в виде целого комплекта деталей и сборочных единиц к фиксированному сроку. Это значительно усложняет задачу производственного менеджмента, т.к. детали, входящие в этот комплект (заказ), могут технологически подвергаться различным процессам обработки, и каждый из участков может представлять собой РОП для одних заказов, не вызывая проблем при обработке других заказов. Таким образом в рассматриваемых производствах возникает эффект так называемого «виртуального узкого места»: вся станочная система в среднем остаётся недогруженной, а её пропускная способность – низкой. Для таких случаев наиболее эффективной «вытягивающей» логистической системой является метод вычисляемых приоритетов.

## МЕТОД ВЫЧИСЛЯЕМЫХ ПРИОРИТЕТОВ

Метод вычисляемых приоритетов является своеобразным обобщением двух рассмотренных выше «вытаскивающих» логистических систем: системы пополнения «супермаркета» и системы с лимитированными очередями FIFO. Разница в том, что в данной системе уже не все пустые ячейки в «супермаркете» пополняются в обязательном порядке, а производственные задания, оказавшись в лимитированной очереди, продвигаются от участка к участку не по правилам FIFO (т.е. не соблюдается обязательная дисциплина «в порядке поступления»), а по другим вычисляемым приоритетам. Правила вычисления этих приоритетов назначаются в единственной точке планирования производства – в примере, приведённом на рисунке 1, это второй производственный участок, следующий непосредственно за первым «супермаркетом». На каждом последующем производственном участке функционирует своя собственная исполнительная производственная система (MES), задача которой – обеспечить своевременную обработку поступающих на вход заданий с учётом их текущего приоритета, оптимизировать внутренний материальный поток и вовремя показать возникающие проблемы, связанные с этим процессом. Значительное отклонение в обработке конкретно-

го задания на одном из участков может повлиять на вычисляемое значение его приоритета.



Рис. 1. Структура метода вычисляемых приоритетов.

Процедура «вытягивания» осуществляется за счёт того, что каждый последующий участок может начинать выполнять только те задания, которые имеют максимально возможный приоритет, что выражается в первоочередном заполнении на уровне «супермаркета» не всех доступных ячеек, а лишь тех, что соответствуют приоритетным заданиям. Последующий участок 2, хотя и является единственной точкой планирования, определяющей работу всех остальных производственных звеньев, сам вынужден выполнять только эти наиболее приоритетные задания. Численные значения приоритетов заданий получаются за счёт вычислений на каждом из участков значений общего для всех критерия. Вид этого критерия задаётся основным планирующим звеном (участком 2), а его значения каждый производственный участок самостоятельно вычисляет для своих заданий, либо вставших в очередь на обработку, либо находящихся в заполненных ячейках «супермаркета» на предыдущей стадии.

Впервые такой метод восполнения ячеек «супермаркета» стал применяться на японских предприятиях компании Тойота и получил название «Процедуры выравнивания производства» или «Хейдзунка». Ныне процесс заполнения «Ящика Хейдзунка» является одним из ключевых элементов «вытягивающей» системы планирования, используемой в TPS, когда приоритеты поступающих заданий назначаются или вычисляются вне выполняющих их производственных участков на фоне действующей «вытягивающей» системы восполнения «супермаркета» (канбан). Пример назначения одного из директивных приоритетов исполняемому заказу (аварийный, срочный, плановый, переходящий, прочее) приведён на рисунке 2.

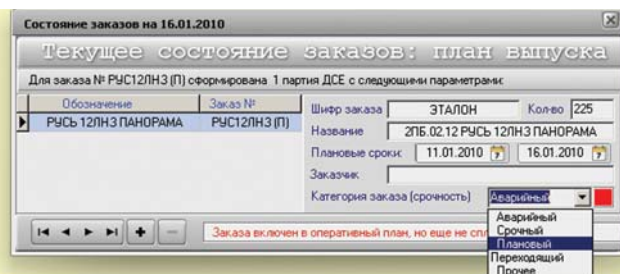


Рис. 2. Пример назначения директивного приоритета исполняемому заказу.

Другой вариант передачи заданий от одного участка к другому в данной «вытягивающей» логистической системе – так называемое «вычисляемое правило» приоритетов.

Очередь производственных заданий, передаваемых от участка 2 к участку 3 (рисунок 1), ограничена (лимитирована), но в отличие от случая, изображённого на рисунке 4, сами задания могут меняться местами в этой очереди, т.е. изменять последовательность своего поступления в зависимости от их текущего (вычисляемого) приоритета. Фактически это означает, что исполнитель сам не может выбрать с какого задания начинать работу, но в случае изменения приоритета заданий ему, возможно, предстоит, не доделав текущее задание (превратив его в текущий НЗП), переключиться на выполнение наиболее приоритетного. Конечно, в такой ситуации, при значительном числе заданий и большом числе станков, на производственном участке необходимо использовать MES, т.е. проводить локальную оптимизацию материальных потоков, проходящих через участок (оптимизировать выполнение заданий, уже находящихся в обработке). В результате для оборудования каждого участка, не являющегося единственной точкой планирования, составляется локальное оперативное производственное расписание, которое подвергается коррекции каждый раз, как только изменяется приоритет исполняемых заданий. Для решения внутренних оптимизационных задач используются свои критерии, именуемые «критерии загрузки оборудования». Задания, ожидающие обработки между участками, не связанными «супермаркетом», упорядочиваются по «правилам выбора из очереди» (рисунок 3), которые в свою очередь могут тоже изменяться в течение времени.

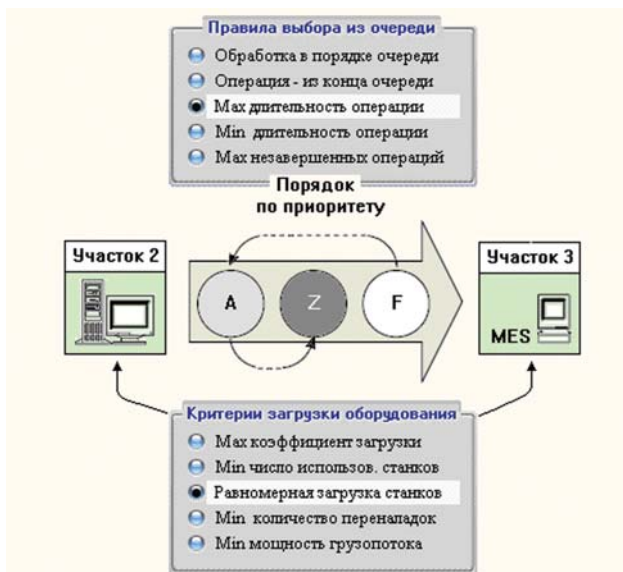


Рис. 3. Последовательность исполняемых заказов в методе вычисляемых приоритетов.

Если правила вычисления приоритетов заданиям назначаются «извне» по отношению к каждому производственному участку (процессу), то критерии загрузки оборудования участка определяют характер прохождения внутренних материальных потоков. Эти критерии связаны с использованием на участке оптимизационных MES-процедур, предназначенных исключительно для «внутреннего» пользования. Они выбираются непосредственно диспетчером участка в режиме реального масштаба времени, рисунок 3.

В методе вычисляемых приоритетов, как правило, используются уже MES-системы, которые оперируют меньшими по от-

ношению к APS размерностями назначения – до 200 станков и 10000 операций на горизонте планирования, который обычно составляет не более трёх-десяти смен. Уменьшение размерности связано с тем, что в MES учитывается гораздо большее количество ограничений технологического характера.

В системы этого типа при оптимизации материальных потоков внутри производственного участка обычно оперируют не одним или двумя критериями построения расписания, а, зачастую, несколькими десятками, что даёт возможность диспетчеру участка строить расписание с учётом различных производственных ситуаций. Именно MES-системы оперируют так называемыми векторными, интегральными критериями построения расписаний, когда в один критерий собираются несколько частных критериев, что и позволяет вычислять приоритеты выполняемых заданий. Оперативность составления и пересчёта расписания является так же прерогативой MES, поскольку пересчёт может вестись с дискретой в одну минуту. Это не означает, конечно же, что каждую минуту рабочему будут выдаваться новые задания, но это означает, что все процессы на производственном участке контролируются в режиме real time, и это позволяет заранее предвидеть возможные нарушения расписаний и вовремя принимать соответствующие меры.

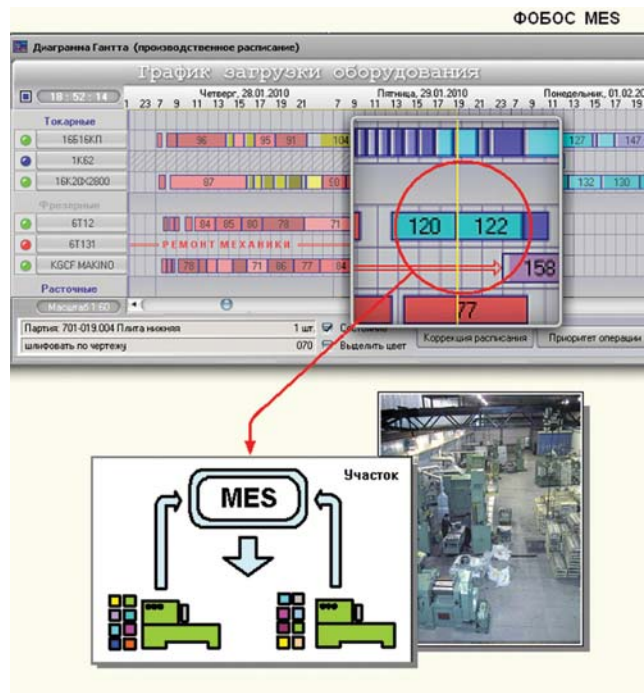


Рис. 4. MES: расчёт детальных производственных расписаний для участка.

В ряде случаев MES-системы могут составлять расписания не только для станков, но также для транспортных средств, бригад наладчиков и других обслуживающих устройств. Не под силу каким-либо другим системам такие особенности планирования, как формирование технологических сборов, планирование выпуска изделий с параллельным планированием изготовления требуемого комплекта оснастки (приспособлений, уникального инструмента).

Важным свойством MES-систем является выполнимость составленных в них расписаний. Если расписания APS-системы больше подходят для планирования в производствах с крупносерийным характером выпуска продукции, где резких отклонений от производственной программы, как правило, не бывает (устойчивый характер производства), то MES-системы



являются незаменимыми в мелкосерийном и позаказном производстве.

Правила выбора из очереди в логистической схеме вычисляемых приоритетов назначаются на основании значений приоритетов исполняемых заданий, а так же с учётом фактической скорости их исполнения на конкретном производственном участке (участок 3, рисунок 3).

Диспетчер участка может, учитывая текущее состояние производства, самостоятельно изменять приоритеты отдельных технологических операций и, используя MES-систему, корректировать внутреннее производственное расписание. Пример диалога по изменению текущего приоритета операции приведён на рис. 5.

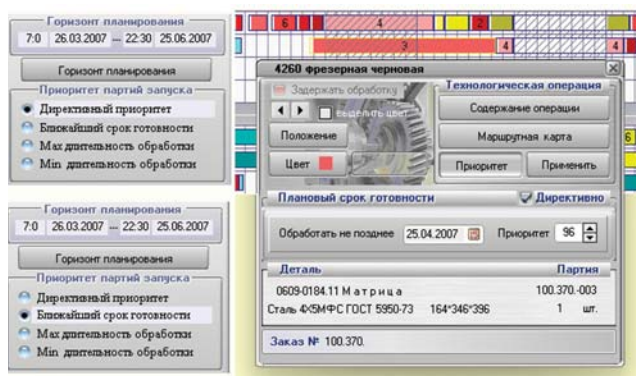


Рис. 5. Пример назначения приоритета партии в MES.

Чтобы вычислить значение приоритета конкретного задания, выполняемого или ожидающего своей обработки на конкретном участке, проводится предварительное группирование заданий (деталей, входящих в определённый заказ) по ряду признаков:

- номер сборочного чертежа изделия (заказа);
- обозначение детали по чертежу;
- номер заказа;
- трудоёмкость обработки детали на оборудовании участка;
- длительность прохождения деталей данного заказа через станочную систему участка (разница между временем начала обработки первой детали и окончанием обработки последней детали данного заказа);
- суммарная трудоёмкость операций, выполняемых над деталями, входящими в данный заказ;
- время переналадки оборудования;
- признак обеспеченности обрабатываемых деталей технологической оснасткой;
- процент готовности детали (число завершённых технологических операций);
- число деталей из данного заказа, которые уже прошли обработку на данном участке;
- общее число деталей, входящих в заказ.

Ориентируясь по приведённым признакам и вычисляя ряд специфических показателей, таких как напряжённость (отношение показателя 6 к показателю 5), сравнивая значения 7 и 4, анализируя соотношения показателей 9, 10 и 11, локальная MES-система производит расчёт текущего приоритета для всех деталей, оказавшихся в одной группе. При этом происходит соответствующее переформирование и текущего планового задания для всех станков, расположенных на участке (рисунок 6).

Заметим, что детали из одного заказа, но находящиеся на разных участках, могут иметь, вообще говоря, и различные значения вычисляемого приоритета.

Логистическая схема метода вычисляемых приоритетов применяется в основном в многономенклатурных производствах мелкосерийного и единичного типов. Представляя собой «вытя-

Наименование оборудования <b>6Т12 фрезерный станок</b>				
Ф.И.О. оператора, таб. №				
ПЛАНОВОЕ ЗАДАНИЕ НА РАБОЧЕЕ МЕСТО № 094				
Лист 1 из листов 4				
№	срок выполнения операции (код партии)	Код, содержание технологической операции	Тпо	Твт
1	09:30 01.10.2007 - 10:25 01.10.2007 ШЗ-0006.015 Матрица (400.077-009)	Фрезеровать габариты по размерам: 55 x 120 x 120 мм. под нормализацию. Контроль исполнения.	0:12	0:45
2	11:10 01.10.2007 - 12:20 01.10.2007 ШЗ-0006.016 Матрица (400.077-010)	Фрезеровать габариты по размерам: 53,5 x 114,5 x 120,5 мм. под угол 90°. Фрезь 2-фазная 10 x 4/25 сопл. чертёж. Контроль исполнения.	0:12	1:00
3	12:50 01.10.2007 - 14:00 01.10.2007 ШЗ-0006.012 Плита	Фрезеровать габариты по размерам: 6 x 60 x 60 мм. под углом 90°. Плита 4-мя.	0:12	1:00
4	14:00 01.10.2007 - 15:20 01.10.2007 ШЗ-0006.010 Деревяшка		0:12	1:10
5	15:20 01.10.2007 - 16:00 01.10.2007 ШЗ-0006.013 Пуансон		0:12	0:30

Рис. 6. Пример детального производственного расписания для работающей системы планирования и используя локальные MES

для обеспечения высокой скорости прохождения заказов через отдельные производственные участки, эта логистическая схема использует децентрализованные вычислительные ресурсы для поддержания эффективности процессов в условиях изменяющихся приоритетов исполняемых заданий.

Отличительной особенностью этого метода является то, что MES-система позволяет в пределах производственного участка составлять детальные расписания выполняемых работ. Несмотря на определённую сложность в реализации, метод вычисляемых приоритетов обладает значительными преимуществами:

- текущие отклонения, возникающие в ходе производства, компенсируются средствами локальных MES на основании изменяющихся приоритетов выполняемых заданий, что значительно повышает пропускную способность всей системы в целом;
- не требуется фиксировать (локализовать) положение РОП и лимитировать НЗП;
- имеется возможность оперативно контролировать серьёзные сбои (например, поломка оборудования) на каждом участке и пересчитывать оптимальную последовательность обработки деталей, входящих в различные заказы;
- наличие на отдельных участках локальных производственных расписаний позволяет проводить оперативный функционально-стоимостный анализ производства.

В заключение заметим, что рассмотренные в данной статье типы «вытягивающих» логистических систем обладают общими для них характерными признаками, это:

- сохранение во всей системе в целом ограниченного объёма устойчивых запасов (оборотных заделов) с регулированием их объёма на каждом этапе производства независимо от действующих факторов;
- план обработки заказов, составленный для одного участка (единственной точки планирования), определяет (автоматически «вытягивает») планы работ других производственных подразделений предприятия.

Продвижение заказов (производственных заданий) происходит как от последующего в технологической цепочке участка к предыдущему на израсходованные в процессе производства материальные ресурсы («супермаркет»), так и от предыдущего участка к последующему по правилам FIFO или по вычисляемым приоритетам.

Е. Б. Фролов д.т.н., профессор Московского государственного технологического университета «СТАНКИН».