

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

Продолжение. Начало в №4

Под «вытягивающей» логистической системой обычно понимают такую организацию материальных потоков, когда один потребитель последовательно вытягивает поставки, осуществляемые предыдущими звеньями поставщиков, включёнными в общую цепочку. Ассоциируется такой подход с неким «паровозом», вытягивающим за собой вагоны. Но в производственной логистике под «вытягивающей» логистической схемой на уровне организации и управления производством понимается ситуация, когда план работы, составленный только для одного производственного подразделения, автоматически порождает планы работ для всех остальных участков, включённых в технологическую цепочку. Это тот же «паровоз», но здесь уже не требуется, чтобы он располагался непременно впереди всего состава!

ЛИМИТИРОВАННЫЕ ОЧЕРЕДИ FIFO

Когда нет необходимости предоставлять участку-потребителю возможность выбора, лучше использовать не «супермаркет», а очередь FIFO (от английского First-In-First-Out – «первым пришёл, первым вышел», т.е. очередность в порядке поступления).



Рис. 1. Структура метода лимитированных очередей FIFO.

На рисунке 1 показана «вытягивающая» логистическая система, которая связывает систему выполнения «супермаркета» с лимитированными очередями FIFO. Единственная точка расчёта производственного расписания находится на участке 2, потому что он следует непосредственно за последним «супермаркетом системы». Между участками 2 и 3 находится лимитированная очередь FIFO.

Лучший способ представить лимитированную очередь FIFO – это представить себе, как перемещаются по трубе теннисные мячики.

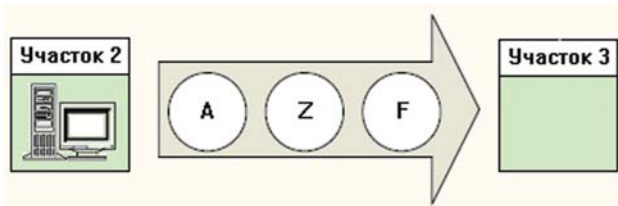


Рис. 2. Последовательность исполняемых заказов в методе лимитированных очередей FIFO.

Диаметр трубы чуть больше, чем диаметр мячиков (см. рисунок 2). Мячики могут свободно перемещаться по трубе, но никоим образом нельзя поменять их местами внутри трубы. По сути, здесь нет «полосы для обгона». К тому же, длина трубы ограничена и одновременно в неё помещаются только 3 мячика (это и есть лимит очереди FIFO). Участок 3 будет производить продукт F, поскольку у него нет другого выбора. Вот почему для участка 3 не нужен отдельный план работ на уровне самостоятельного производственного расписания. План действий этого процесса строго диктуется самой «вытягивающей» системой управления.

код партии	обозначение, наименование	кол.	запуск - выпуск	час.
РУС12ЛНЗМ-028	ВПБ.02.04.02-03 Конвектор передний	50		1,28
РУС12ЛНЗМ-005	ВПБ.01.05.03-02 Косынка	100	11.01.2010 - 11.01.2010	0,40
РУС12ЛНЗМ-017	ВПБ.02.03.01-03 Стенка каменки	100	12.01.2010 - 15.01.2010	4,20
РУС12ЛНЗМ-009	ВПБ.01.09.04 Штырь	50	12.01.2010 - 12.01.2010	1,32
РУС12ЛНЗМ-007	ВПБ.01.05.01 Обечайка	50	14.01.2010 - 15.01.2010	1,27
РУС12ЛНЗМ-023	ВПБ.02.01.01 Боковая стенка топки	100	15.01.2010 - 15.01.2010	2,57
РУС12ЛНЗМ-025	ВПБ.02.01.05 Кронштейн	100	15.01.2010 - 15.01.2010	0,30
РУС12ЛНЗМ-027	ВПБ.02.01.07; 08 Опора стенки перед.зад	100	15.01.2010 - 15.01.2010	2,75
РУС12ЛНЗМ-030	ВПБ.02.04.05 Декор	100	15.01.2010 - 15.01.2010	1,93
РУС12ЛНЗМ-026	ВПБ.03.00.05 Скоба	450	15.01.2010 - 15.01.2010	5,67
РУС12ЛНЗМ-014	ВПБ.01.07.01 Ящик зольника	50	15.01.2010 - 21.01.2010	1,25
РУС12ЛНЗМ-015	ВПБ.02.00.01 В с т а в к а	50	15.01.2010 - 19.01.2010	0,63
РУС12ЛНЗМ-021	ВПБ.02.02.02-03 Пластина боковая	100	16.01.2010 - 16.01.2010	2,22
РУС12ЛНЗМ-018	ВПБ.02.04.06 З а м о к	50	16.01.2010 - 16.01.2010	0,90
РУС12ЛНЗМ-013	ВПБ.02.02.05 Кольцо дымосборника	50	17.01.2010 - 22.01.2010	5,95
РУС12ЛНЗМ-008	ВПБ.01.05.02 Пластина верхняя обечайки	50	18.01.2010 - 18.01.2010	0,63

Рис. 3. Пример лимитированной очереди FIFO.

То же самое справедливо и для участка 4. Заметим, что если участок 2 закончит изготовление продукта, а очередь FIFO (пример на рисунке 3) из заданий на участок 3 будет уже заполнена, то он прекращает свою работу во избежание переполнения этой очереди. Для процесса 2 это будет сигналом, что он функционирует быстрее всей остальной системы. Аналогичным образом в случае, если участок 3 затребует следующее задание из предшествующей ему очереди FIFO и окажется, что она пуста, то и процесс 3 тоже остановится. Такая система демонстрирует, какой процесс в данный момент времени является самым медленным.

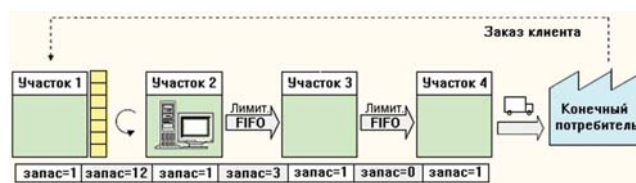


Рис. 4. Пример распределения операционных запасов в методе лимитированных очередей FIFO.

На рисунке 4 показано текущее состояние запасов на каждом участке (в примере предполагается, что каждый участок выполняет только одно текущее задание). Какое производственное звено в данный момент функционирует медленнее остальных? Сейчас это участок 3. Это так называемое текущее ограничение (Current Constraint), именуемое ресурсом, ограничивающим производительность всей системы (РОП). Его легко обнаружить, определив процесс, у которого отношение величины запасов в предшествующей очереди FIFO к величине запасов в последующей очереди FIFO достигает максимального значения. Проще говоря, самый медленный участок образует

перед собой наибольший объём незавершённого производства. Д. Хэллетт называет такую логистическую схему управлением «по завалам» (Management by Piles).

Поскольку все производственные участки, которые не являются текущим РОП, время от времени будут оставаться без работы, то должно быть определено правило, чем загружать свободные ресурсы в такие моменты времени. На практике для этого организуется некоторый буфер из дополнительных заданий, которые могут быть выполнены свободными ресурсами, что приводит к увеличению фактического объёма НЗП.

Следует заметить, что в приведённой схеме время выполнения заказа в производстве связано с моментом запуска клиентского заказа на участке 2. Подсчёт времени выполнения заказа всегда начинается в единственной точке планирования. Время выполнения заказа участком 1 на пополнение ячеек «супермаркета» не влияет на время выполнения клиентского заказа, потому что предполагается, что все материалы, которые могут потребоваться участку 2, имеются в достаточном количестве в ячейках «супермаркета». Последнее обстоятельство может оказаться весьма жёстким требованием для практической реализации описанной логистической схемы.

Преимущество «вытягивающей» логистической системы типа лимитированных очередей FIFO перед «супермаркетами» заключается в следующем:

- в этой системе содержится меньше запасов;
- уменьшаются риски срыва сроков исполнения клиентского заказа;
- упрощается управление;
- имеется возможность находить процесс, лимитирующий общую производительность системы – текущее ограничение РОП.

Лимитированные очереди FIFO можно использовать в массовых и крупносерийных производствах, где объём выпуска достаточно высок и технологический процесс постоянен для всего семейства выпускаемых продуктов.

МЕТОД «БАРАБАН-БУФЕР-ВЕРЁВКА» (DBR)

Метод «барабан-буфер-верёвка» (DBR–Drum–Buffer–Rope) – один из оригинальных вариантов «вытаскивающей» логистической системы, разработанной в ТОС (Theory of Constraints). Она очень похожа на систему лимитированных очередей FIFO, за исключением того, что в ней не ограничиваются запасы в отдельных очередях FIFO.

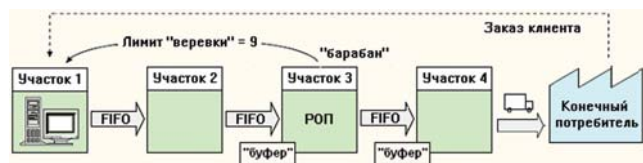


Рис. 5. Структура метода «барабан-буфер-верёвка» (DBR).

Вместо этого устанавливается общий лимит на запасы, находящиеся между единственной точкой составления производственного расписания и ресурсом, ограничивающим производительность всей системы, РОП (в примере, приведённом на рисунке 5, РОПом является участок 3). Каждый раз, когда РОП завершает выполнение одной единицы работы, точка планирования может запускать в производство ещё одну единицу работы. Это в данной логистической схеме называется «верёвкой» (Rope). «Верёвка» – это механизм управления ограничением против перегрузки РОП. По существу, это график отпуска материалов, который предотвращает поступление работы в систему в темпе более высоком, чем она может быть обработана в РОП.

Концепция верёвки используется для предотвращения появления незавершённого производства в большинстве точек системы (кроме защищённых плановыми буферами критических точек).

Поскольку РОП диктует ритм работы всей производственной системы, то график его работы именуется «барабаном» (Drum). В методе DBR особое внимание уделяется именно ресурсу, ограничивающему производительность, поскольку именно он определяет максимально возможный выход всей производственной системы в целом, так как система не может производить больше, чем её самый маломощный ресурс. Лимит запасов и временной ресурс оборудования (время его эффективного использования) распределяются так, чтобы РОП всегда мог вовремя начать новую работу. Этот в рассматриваемом методе именуется «буфером» (Buffer). «Буфер» и «верёвка» создают условия, предотвращающие недогрузку или перегрузку РОП.

Заметим, что в «вытягивающей» логистической системе DBR буферы, создаваемые перед РОП, имеют временной, а не материальный характер.

Временной буфер есть резерв времени, предусматриваемый для защиты запланированного времени «начала обработки» с учётом разброса в прибытии на РОП конкретной работы. Например, если расписание РОП требует начать конкретную работу на участке 3 во вторник, тогда материал для этой работы должен быть отпущен достаточно рано, чтобы все предшествующие обработке РОП шаги (участки 1 и 2) были закончены ещё в понедельник (т.е. за один полный рабочий день до требуемого срока). Буферное время служит для «защиты» наиболее ценного ресурса от простоев, поскольку потеря времени этого ресурса эквивалентна невозвратной потере в конечном результате всей системы. Поступление материалов и производственных заданий может осуществляться на основе заполнения ячеек «супермаркета». Передача деталей на последующие этапы обработки после их прохождения через РОП уже не является лимитируемым FIFO, т.к. производительность соответствующих процессов заведомо выше.

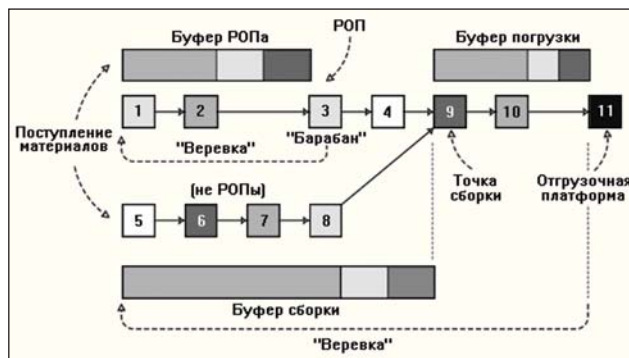


Рис. 6. Пример организации буферов в методе DBR в зависимости от положения РОП.

Необходимо отметить, что только критические пункты в цепи производства защищаются буферами (см. рисунок 6). Такими критическими пунктами являются:

- сам ресурс с ограниченной производительностью (участок 3);
- любой последующий этап процесса, где происходит сборка детали, обработанной ограничивающим ресурсом с другими частями;
- отгрузка готовой продукции, содержащей детали, обработанные ограничивающим ресурсом.

Поскольку в методе DBR защита от возможных отклонений сосредоточена в наиболее критических местах производственной цепи и устраняется во всех прочих местах, время производственного цикла может быть сокращено (иногда на 50 процентов или более)

без ухудшения надёжности и нарушения сроков отгрузки продукции потребителям. Безусловно, в логистической схеме DBR РОП требует постоянного диспетчерского контроля (рисунок 7).

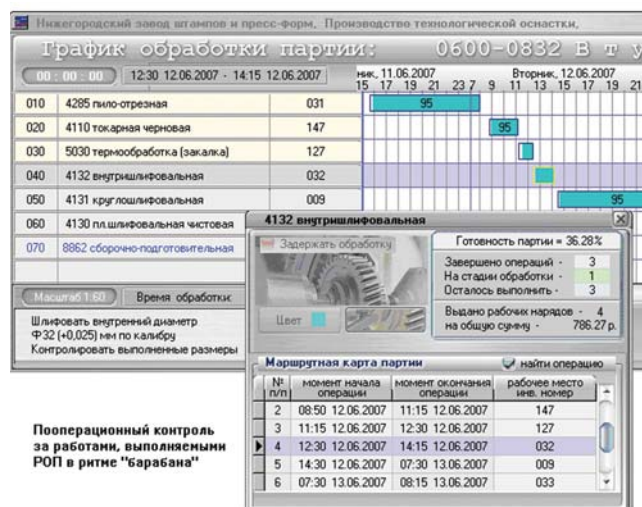


Рис. 7. Пример диспетчерского контроля прохождения заказов в РОП в методе DBR.

Алгоритм DBR – это обобщение известного метода OPT, который многие специалисты называют электронным воплощением японского метода «канбан», хотя на самом деле между логистическими схемами восполнения ячеек «супермаркета» и методом «барабан-буфер-верёвка», как мы уже видели, имеется значительная разница.

Недостатком метода «барабан-буфер-верёвка» (DBR) является требование существования РОП, локализуемого на заданном горизонте планирования (на интервале расчёта расписания для выполняемых работ), что возможно только в условиях серийных и крупносерийных производств. Однако для мелкосерийных и единичных производств локализовать РОП в течение достаточного длительного интервала времени, вообще говоря, не удаётся, что значительно ограничивает применимость рассмотренной логистической схемы для этого случая.

ЛИМИТ НЕЗАВЕРШЁННОГО ПРОИЗВОДСТВА (НЗП)

«Вытягивающая» логистическая система с лимитом незавершённого производства (НЗП) похожа на метод DBR. Отличие заключается в том, что здесь создаются не временные буферы, а задаётся некий фиксированный лимит материальных запасов, который распределяется на все процессы системы, а не заканчивается только на РОП. Схема приведена на рисунке 12.

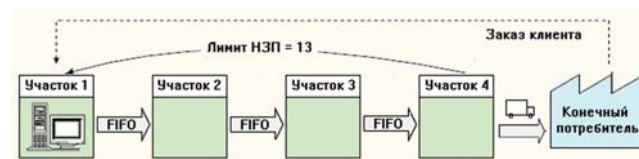


Рис. 8. Структура метода лимита незавершённого производства (НЗП).

Этот подход к построению «вытягивающей» системы управления значительно проще рассмотренных выше логистических схем, внедряется легче и в ряде случаев является более эффективным. Как и в рассмотренных выше «вытягивающих» логистических системах, здесь имеется единственная точка планирования – это участок 1 на рисунке 8.

Логистическая система с лимитом НЗП имеет некоторые преимущества по сравнению с методом DBR и системой лимитированных очередей FIFO:

- неполадки, колебания ритма производства и другие проблемы процессов с запасом производительности не приведут к остановке производства из-за отсутствия работы для РОП и не будут снижать общую пропускную способность системы;
- правилам планирования должен подчиняться только один процесс;
- не требуется фиксировать (локализовать) положение РОП;
- легко обнаружить местонахождение текущего участка РОП. К тому же, такая система даёт меньше «ложных сигналов» по сравнению с лимитированными очередями FIFO.

Рассмотренная система хорошо работает для ритмичных производств со стабильной номенклатурой выпускаемых изделий, отлаженными и неизменяемыми технологическими процессами, что соответствует массовым, крупносерийным и серийным производствам. В единичных и мелкосерийных производствах, где постоянно запускаются новые заказы с оригинальной технологией их изготовления, где сроки выпуска продукции диктуются потребителем и могут, вообще говоря, изменяться непосредственно в процессе изготовления изделий, тогда на уровне производственного менеджмента появляется множество организационных проблем. Опираясь лишь на правило FIFO в передаче полуфабрикатов от участка к участку, логистическая система с лимитом незавершённого производства в таких случаях теряет свою эффективность.

Важной особенностью рассмотренных выше «выталкивающих» логистических систем 1 - 4 является возможность вычисления времени выпуска (цикла обработки) изделий по известной формуле Литтла:

$$\text{Время выпуска} = \text{НЗП} / \text{Ритм},$$

где НЗП – объём незавершённого производства, Ритм – это количество изделий, выпускаемых в единицу времени.

Однако для производств мелкосерийных и единичных понятие Ритм производства становится весьма расплывчатым, поскольку этот тип производств никак нельзя назвать ритмическими. Более того, статистика говорит о том, что в среднем вся станочная система в таких производствах остаётся наполовину недогруженной, что происходит за счёт постоянных перегрузок одного оборудования и одновременного простоя другого в ожидании работы, связанной с изделиями, пролеживающими в очереди на предыдущих стадиях обработки. Причём простои и перегрузки станков постоянно мигрируют от участка к участку, что не позволяет их локализовать и применить ни одну из перечисленных выше логистических схем вытягивания. 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» (Virtual Bottle-Neck): вся станочная система в среднем остаётся недогруженной, а её пропускная способность – низкой. Для таких случаев наиболее эффективной «вытягивающей» логистической системой является метод вычисляемых приоритетов.

Продолжение следует.

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