

Планирование производства и управление запасами

Производственным компаниям приходится решать специфические задачи в области управления. Для решения этих задач мировая практика выработала ряд методов, с которыми мы и познакомимся на этот раз.



Сергей Питеркин

менеджер отдела
консалтинга компании
Frontstep, член APICS

Цели и параметры

Как и для большинства других хозяйствующих субъектов, основная цель для производственных предприятий — заработать деньги. Выделим основные параметры, которые будут характеризовать степень успешности предприятия на пути к обозначенной цели.

- **Оборот** — частота, с которой предприятие генерирует деньги путем реализации продукции, и объем соответствующей реализации.
- **Запасы** — это деньги, расходуемые системой на объекты, которые система намеревается превратить в *пропускную способность*. Величина оборота — не главный показатель хорошо работающего пред-

приятия. Важно определить, во что организации обходится генерация этих денег, т. е. оценить возврат инвестиций. Размер оборота нельзя будет считать удовлетворительным при низком возврате инвестиций, т. е. при большом количестве запасов, или денег, которые *тонут в системе*. Таким образом, запасы — это не только реальные накопленные объемы материалов, комплектующих, незавершенного производства или готовой продукции, но и «квазизапасы» (здания, сооружения, оборудование, некоторые категории персонала). Впрочем, для улучшения производственных операций основное внимание уделяется именно реальным запасам.

- **Операционные расходы** — это *все деньги, которые система тратит для трансформации запасов в пропускную способность*. Сюда относятся все расходы, которые бухгалтерия считает постоянными, а также большинство переменных расходов, таких, как зарплата производственных рабочих и т. п. Чтобы быть прибыльным, предприятие должно генерировать такую *пропускную способность*, которая покрывает все операционные расходы.

Для максимизации дохода при такой модели требуется одновременная оптимизация по трем указанным параметрам, а именно: увеличение оборота; уменьшение операционных расходов; уменьшение запасов.

Промышленное предприятие может добиться этого путем:

- возможно лучшего удовлетворения внешнего спроса по срокам, объемам и качеству (фактор увеличения оборота);
- сокращения сроков производства (фактор увеличения оборота, уменьшения запасов, в частности незавершенного производства);
- сокращения запасов материалов, комплектующих, незавершенного производства, готовой продукции (фактор запасов);
- уменьшения операционных расходов, т. е. сокращения прямых и косвенных затрат (фактор операционных расходов).

Достигнуть этого можно, выбрав оптимальный метод (и соответствующую информационную систему) производственного планирования и управления. Рассмотрим различные методы планирования для промышленных предприятий, останавливаясь на их достоинствах и недостатках.

? Три класса запасов

В области управления ресурсами используется следующая классификация годовых затрат на расходующие запасы (затраты определяются произведением используемого количества на стоимость единицы), получившая название схема ABC:

- класс А — узкий ассортимент (обычно порядка 10% от полного списка запасов), на который идет основная часть затрат (70%);
- класс В — средняя группа (20% от общей номенклатуры), затраты на которую составляют 20% от полной суммы;
- класс С — основная часть списка (70% от общей номенклатуры), но с малыми суммарными затратами (например, 10% от полной суммы).

Специалисты указывают на необходимость наиболее пристально контролировать дорогостоящие запасы класса А. Объектам класса В можно уделять уже меньше внимания, а наименее критичными являются запасы из класса С.

Управление по точке заказа

При использовании метода планирования и управления *по точке заказа* (встречается также вариант «*по точке переказа*») предприятие формирует задание поставщикам, если объем его запасов опускается до некоего предопределенного минимального уровня. Такой метод управления больше подходит для крупно- и среднесерийного поточного производства.

Главное достоинство метода — его предельная простота. Планирование и управление по точке заказа можно использовать для управления запасами категории С (по классификации ABC), т. е. сравнительно недорогими изделиями или материалами. Недостаток метода состоит в недостаточной гибкости — в условиях позаказной работы и часто изменяющегося спроса управление по точке заказа не дает удовлетворительных результатов.

В отечественной практике управления этот метод (управление по точке переказа) также используется при управлении производством по *межоперационным заделам*.

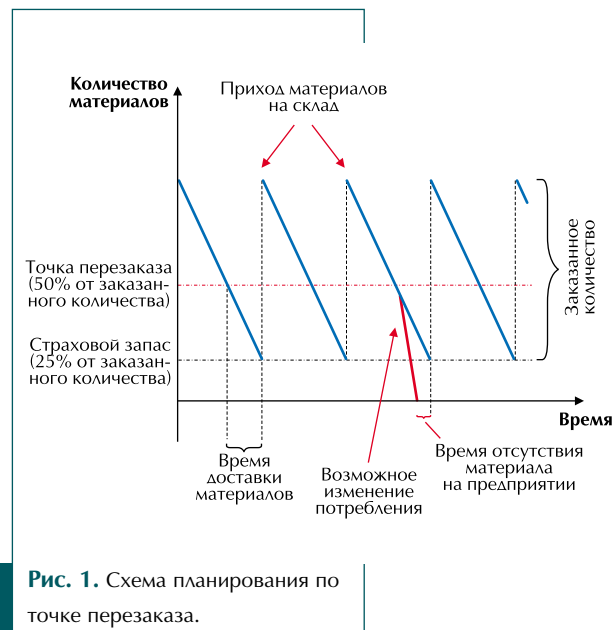
Метод Канбан

При определенных условиях (наличие партнерских отношений с поставщиками и клиентами, серийное производство и организация

производственных линий, низкая стоимость переналадки оборудования для уменьшения размера производимой партии и т. д.) отличные результаты может давать метод *Toyota*, или *Канбан*. В настоящее время этот метод управления производством и запасами широко используется в Японии, Европе и США. Он является частью методологии управления «точно вовремя» (just-in-time, JIT). Сущность метода состоит в использовании простых физических сигналов (карточек, пустых контейнеров или световых сигналов), по которым производится отпуск материалов со склада, запуск производства, отгрузка потребителю.

Основная идея метода Канбан очень проста. Представьте себе некомпьютеризированный рабочий участок, на котором необходимые для производства детали хранятся в двух контейнерах. Когда один из контейнеров становится пуст, детали начинают поставляться из второго контейнера. В это время пустой контейнер подлежит новому заполнению. Таким образом, факт наличия пустого контейнера в производственной зоне — это сигнал к началу пополнения запаса. Отличие от «компьютерного» управления по точке перезаказа заключается в том, что минимальный уровень запаса определяется не компьютером, а визуально, кладовщиком (мастером) цеха или склада. Именно этот сотрудник контролирует наличие пустых контейнеров и заменяет их на полные, перемещая пустые в зону пополнения (на предыдущий рабочий участок, склад материалов, либо поставщику).

Вместо контейнеров могут перемещаться карточки, которые также будут служить сигналом к пополнению объема. Количественные меры при этом могут определяться либо емкостью контейнера, либо информацией на карточке. В зависимости от динамики спроса количество контейнеров (карточек) может быть увеличено.



MRP, шаг 1: расчет потребностей в ресурсах.

	A	B	D	E	F
Брутто-потребность (заказ клиента или план производства)	100	200	100	100	200
В наличии	0	100	20	70	220
Нетто-потребность	100	100	80	30	0

MRP, шаг 2: расчет нетто-потребностей во времени.

Дата	Компонент D	Приход/Расход	В наличии
Сегодня	В наличии	250	250
Сегодня	Расход в производство	-75	175
Завтра	Потребность 1	-50	125
Послезавтра	Потребность 2	-100	25
//**	Ожидаемый приход	200	225
//**	Потребность 3	-105	120
//**	Настоящая потребность от A (см. выше)	200	-80

Метод MRP

Метод MRP (Material Requirements Planning — планирование потребностей в материалах) предусматривает ряд стандартных шагов.

На первом этапе делается расчет нетто-потребностей в материалах на основании данных о составе изделия (спецификации). Число необходимых материалов, узлов и компонентов оценивается с учетом имеющегося в наличии или в незавершенном производстве.

Второй шаг — расчет во времени нетто-потребностей в материалах на основании данных о составе изделия. На этом этапе необходимые количества рассчитываются с учетом всех приходов и расходов материалов. Если при этом система выявляет снижение уровня материала ниже определенного уровня, то определяется количество, которое нужно закупить или произвести для удовлетворения потребности. Также возможен расчет нетто-потребностей с учетом правила партии (с учетом минимальной партии заказа, кратности партии, периодичности заказа).

Третий шаг — определение сроков закупки и изготовления. На этом этапе для отделов планирования и снабжения система определяет сроки начала действий по реализации рассчитанных нетто-потребностей. Алгоритм MRP берет за начало дату реализации конечной потребности и «раскручивает» назад во времени процесс изготовления изделия или закупки материалов, определяя даты начала произ-

водственных операций с компонентами (детальями) нижнего уровня, вплоть до определения дат формирования заказов поставщикам.

Алгоритм расчета проиллюстрирован на рис 2.

Одной из особенностей метода (по сравнению с управлением по точке перезаказа) является то, что MRP не предполагает возможности отсутствия необходимых материалов на складе. Если все исходные данные и процедуры планирования выполнены корректно и все отклонения в выполнении плана учитываются своевременно, то все поставки деталей и материалов должны быть реализованы *точно вовремя*. Кроме того, метод MRP не «смотрит» в прошлое: необходимые материалы рассчитываются на основе информации о будущих потребностях и ожидаемых уровнях запасов на складах.

Достоинства данного метода — в возможности учитывать будущие потребности предприятия, формировать заказы на пополнение запасов в нужные сроки и в нужных объемах. Недостаток MRP — невозможность учесть ограниченность ресурсов предприятия.

Управление по схеме MRP II

Наиболее широко используемый в настоящее время метод управления производством и запасами — планирование производственных ресурсов (Manufacturing Resource Planning, MRP II). Соответствующий алгоритм включает следующие шаги.

1. Определяется потребность в готовой продукции, при этом учитываются все параметры спроса, а именно:

- заказы клиентов;
- прогноз спроса;
- заявки для пополнения отдаленных баз и дистрибьюторских складов;
- прогнозируемая потребность в запасных частях и т. д.

На основе этой информации формируется *основной производственный план* (ОПП). Алгоритм расчета плана нетривиален и очень сильно зависит от того, каким образом происходит удовлетворение внешнего спроса — путем производства на склад/под заказ, сборки под заказ или разработки под заказ.

2. С учетом информации по ОПП и при наличии спецификаций изделия определяются брутто-потребности на материалы, комплектующие и промежуточные сборки.

3. При наличии информации о запасах (незавершенное производство, запасы материалов и комплектующих, материалы в пути) определяются нетто-потребности на производимые и закупаемые части в количестве и во времени.

4. С учетом технологических маршрутов (с указанием пооперационной трудоемкости и норм выработки), а также информации о графике работы оборудования и выполняемых производственных заданиях вычисляется загрузка производства. При необходимости (например, в случае обнаружения перегрузки) производится перепланирование.

К достоинствам этого метода, безусловно, следует отнести возможность получения очень точных планов закупок и производства. При этом методика планирования (в случае ее корректного использования на предприятии) будет превосходно работать даже при нестабильных внутренних и внешних условиях. К примеру, можно компенсировать такие факторы, как срывы поставок материалов и комплектующих (по срокам и количеству), нестабильно работающее оборудование, изменение внешнего спроса (скажем, отказ клиента от заказа). Благодаря простому алгоритму метод управления запасами и производством MRP II в настоящее время используется большинством западных предприятий; постоянно растет число его приверженцев и среди российских менеджеров.

MRP, шаг 3: определение сроков закупки и изготовления.

Компонент	Время	Примечание
A	2 дня	Изготовление из материалов В и узла D
B	1 день	Время доставки материала
D	4 дня	Изготовление из материалов E и F
E	3 дня	Время доставки материала
F	1 день	Время доставки материала

Недостаток метода заключается в его относительной сложности. Сама логика построения алгоритма MRP II основана на проведении множества вычислений, что означает необходимость развитой информационной системы класса MRP II или ERP. Кроме того, весьма высокие требования предъявляются к точности информации о состоянии предприятия, поставляемой в систему. Так, количество имеющихся запасов должно оцениваться с точностью не менее 95%, такая же точность требуется при планировании производственных заданий и заказов поставщикам, при определении спецификаций и технологических маршрутов и т. д.

Отметим, что сложность и требовательность характерны для всех высокотехнологичных современных методов управления. Так или иначе, если предприятие стремится вывести свое производство на мировой уровень, требование к наличию информационной системы и точности информации в ней должно быть безусловно выполнено.

Среди недостатков метода, ограничивающих его применение на многих российских промышленных предприятиях (особенно в компаниях, выпускающих сложные изделия с множеством уровней вложенности, компонентов, операций и т. д.), следует также назвать планирование без одновременного учета мощности, планирование в прошлое (без «учета сегодня»), невозможность надежно связать потребность нижнего уровня с «родительской» потребностью.

Управление по узким местам или критическим ресурсам

Метод управления по узким местам чрезвычайно эффективен для предприятий, имеющих ярко выраженные критические ресурсы, т. е. объекты управления, ограничивающие объем выпуска. Под критическими ресурсами в данной методологии понимаются как средства производства, скажем рабочие участки или единицы оборудования, высококвалифицированные рабочие и т. п., так и процедуры управления.

Основной принцип управления по узким местам состоит в том, что для улучшения работы всего предприятия нет необходимости детально управлять всем производством — достаточно сосредоточиться только на критических ресурсах, оптимизируя их, пока они не перестанут быть узкими местами. Сложность обычно заключается в определении этих критических ресурсов, ведь таковыми могут быть не конкретное оборудование, а процедуры управления, например планирования.

Метод управления критическим ресурсом получил название «барабан — буфер — веревка». Ритм работы всей системы (предприятия) должен определяться ритмом работы и объемом производства узкого места (барабан). В применении к машиностроительному предприятию это означает, что любой рабочий участок должен производить ровно столько (не больше!), сколько может переработать критический ресурс. На российских промышленных предприятиях это правило нарушается чаще всего в случаях, когда заработная плата рабочего персонала зависит от выработки. В этом случае они заинтересованы в производстве как можно большего количества изделий, вне зависимости от пропускной способности критического ресурса. Такая политика ведет к увеличению уровня

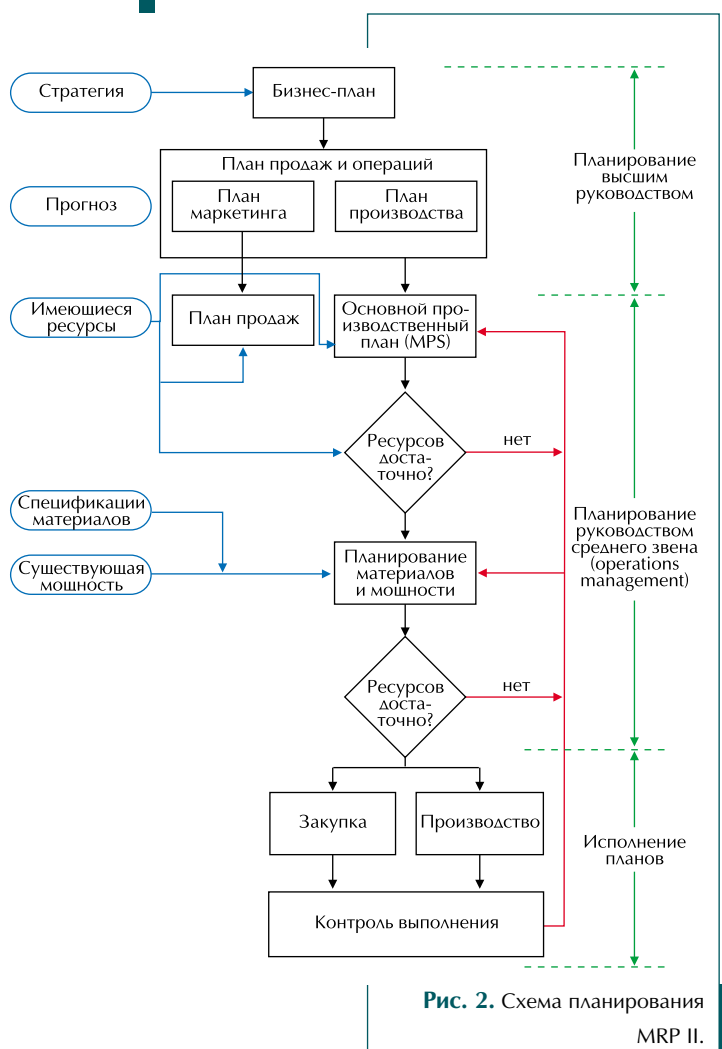


Рис. 2. Схема планирования MRP II.

незавершенного производства, что в свою очередь ведет к увеличению времени производства.

Далее, перед критическим ресурсом создается страховой задел (буфер), призванный в любых условиях обеспечить узкое место работой, повысить степень утилизации ресурса. Поток работы, поступающий на вход системы (начальные участки производства), регулируется состоянием критического ресурса (веревка).

Итак, критические ресурсы являются объектами, ограничивающими весь оборот системы, поэтому значительное внимание при этом уделяется определению узких мест, работе с ними и их устранению. Рекомендации здесь следующие:

1. Определите критический ресурс.
2. Определите метод наиболее эффективного использования ресурса (создайте буфер).
3. Подчините все другие ресурсы узкому месту (барабан).
4. Устраните узкое место.
5. Не позволяйте инерции стать, в свою очередь, ограничивающим фактором (процедуры работы с этим узким местом).

Главное достоинство этого метода — возможность получения результата в кратчайшие сроки. Основной недостаток состоит в том, что для некоторых типов производств (как правило, это уникальные производства) критические ресурсы непостоянны. Заметим, что такое на практике встречается крайне редко.

Метод управления по критическим ресурсам, получивший также название ОТП (оптимизированная технология производства), очень часто используется в рамках систем класса MRP II и ERP наряду с одноименными методами.



APS: синхронное планирование

Методика усовершенствованного, или синхронного, планирования (Advanced Planning and Scheduling, APS) — одно из новейших достижений западной мысли в области управления производством и запасами. Считается, что именно эта методика, появление которой датируется примерно 1995 годом, со временем вытеснит из обихода метод управления MRP II. Справедливости ради необходимо отметить, что это в основном применимо для предприятий, ориентированных на удовлетворение внешнего спроса под заказ.

Структурно указанный метод может быть разделен на две части — первая связана с планированием производства и снабжения, вторая — с диспетчеризацией производства. Алгоритм работы первой части схож с алгоритмом работы MRP II. Существует, однако, небольшое, но существенное различие. Планирование по алгоритму MRP II, как мы уже упоминали, выполняется по рекурсивной схеме: 1) планируется закупка или производство необходимых изделий из расчета бесконечных ресурсов; 2) оцениваются ресурсы; 3) в случае несоответствия доступной мощности ресурса и планируемой загрузки производится перепланирование даты запуска в производство с учетом конечной мощности; 4) затем, поскольку даты изменились, производится перепланирование закупки или производства, опять же из расчета бесконечных ресурсов; 5) далее повторяются шаги 2, 3 и т. д.

Такой процесс занимает значительное время, поэтому, как правило, не может производиться постоянно (на ежедневной или даже на еженедельной основе). В промежутках между перепланированием никак или почти никак не учитываются отклонения от плана, которые в производстве могут происходить достаточно часто. Этим обстоятельством можно пренебречь в случае серийного, относительно стабильного производства. Однако при позаказном производстве, а также в условиях жесткой конкуренции алгоритм планирования

MRP II начинает давать неудовлетворительные результаты по срокам выполнения заказа и по точности соблюдения сроков.

Алгоритм расчета APS лишен этих недостатков, так как за один раз рассчитывает необходимые закупки и производство, учитывая существующие (ограниченные) мощности и выполняемые производственные задания. Кроме того, благодаря использованию иной математической модели расчет планов производится намного быстрее — он занимает всего несколько минут (в отличие от нескольких часов при использовании стандартных систем MRP II).

Вторая часть метода APS, связанная с диспетчеризацией, реализуется с учетом всех критических мест производства. При этом APS-системы обычно позволяют накладывать и учитывать ограничения на процессы оперативного управления производством. Например, совмещение производственных партий осуществляется из расчета сбора оптимальной для запуска партии, при составлении последовательности выполнения производственных заданий производится оптимизация подготовки оборудования.

Таблица. Сравнительные характеристики методов производственного планирования

Метод	Область наиболее эффективного применения	Достоинства	Недостатки	Особенности реализации в ERP-системах, присутствующих на российском рынке
По точке переказа	Предприятия с простой схемой производства	Простота	Отсутствие гибкости. Ненадежность при планировании сложных многокомпонентных изделий	Во всех присутствующих на рынке западных ERP-системах
MRP, MRP-II	Серийное, относительно стабильное производство	Есть возможность учитывать будущие потребности предприятия, формировать заказы на пополнение запасов в нужные сроки и в нужных объемах. В случаях несложных производств и стабильного спроса дает высокую точность планирования	Невозможность учесть ограниченность ресурсов предприятия, планирование «за сегодня» в прошлое, невозможность надежного определения для любого компонента нижнего уровня источника потребности. Сложность, длительность расчетов	В большинстве присутствующих на рынке западных ERP-систем
Теория ограничений (по узким местам)	Предприятия с ярко выраженным критическим ресурсом	Быстрая отдача	Неприменимость в условиях непостоянства критических ресурсов	Preactor APS, TroughPut, SyteLine.NET
APS	Предприятия, ориентированные на удовлетворение внешнего спроса под заказ	Гибкость; возможность получения реальных планов	Высокие требования к функциональности ПО и к точности исходных данных	Встроенные функции в ERP-систему — только SyteLine.NET, в качестве отдельного, не интегрированного модуля — в большинство западных ERP-систем

Достоинства метода APS включают возможность получения реальных планов на основе моделирования производственного процесса и оценки различных вариантов по схеме «что-если». Кроме того, использование этого метода (и соответствующей информационной системы) позволяет в режиме реального времени, скажем в ходе телефонного разговора, рассчитывать дату выполнения заказов клиентов с учетом сиюминутной ситуации на предприятии.

Недостатки метода очевидны. Во-первых, для его применения требуется наличие мощной ERP-системы, в которой поддерживаются функции синхронного планирования, причем тесно интегрированные с остальными модулями КИС. Во-вторых, существенно повышаются требования к точности исходной информации. **E**