

Инновационная сущность диверсификации планирования производства с учетом динамического спроса

В. М. Макаров,

профессор кафедры экономики и менеджмента в машиностроении
Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

Предлагается концепция диверсификации производственного менеджмента и обосновывается ее инновационная сущность. Процесс диверсификации рассматривается на примере выполнения важнейшей функции производственного менеджмента — планирования.

Исследуются роль и место планирования производства на предприятии в рыночных условиях, а также влияние характера и параметров спроса на структуру производственной системы и выбор подходов к планированию ее работы. Основное внимание уделяется методам решения одной из классических задач производственного менеджмента — составлению оперативно-календарных графиков работы предметно-замкнутых участков в новых рыночных условиях, т. е. при внешне ориентированном планировании. Приводятся результаты тестирования с использованием процедуры статистических испытаний (метода Монте-Карло) известных методов оперативного планирования и нового авторского метода. Рассматривается пример практического использования предложенного метода при построении автоматизированной системы оперативного планирования работы цеха на одном из предприятий Санкт-Петербурга.

Статья может быть рекомендована широкому кругу практических работников, связанных с текущим планированием производства на промышленных предприятиях.

Прогресс общества и рост его материального благосостояния прямо определяются развитием и эффективностью материального производства. Обычно его успехи связывают с научно-техническими инновациями, такими как освоение новых источников энергии, получение материалов с заданными свойствами, выход человека в космос, развитие новых технологий, автоматизация производства и другими. Но при этом, как правило, допускается очень распространенная ошибка: среди источников успехов не называется такой фактор, как развитие методологии и практики управления производством.

На самом деле инновации несут в себе огромный потенциал и в этой сфере. Однако теоретические и методические прорывы не так заметны на фоне достижений в материальной сфере. Их влияние на реальное улучшение жизни людей заметить сложно, и проявляется оно не сразу.

Но, имея в своем распоряжении даже самые лучшие материалы, технологии, рабочие кадры, общество может получить в результате своей производственной деятельности весьма

плачевные результаты, если оно не развивает и не использует на практике адекватные методы управления.

Россия находится в настоящее время на переломном этапе своего развития. Происходящие изменения касаются, прежде всего, социально-экономической сферы, к которой относится и управление. В мире накоплен богатейший опыт управления производством, или производственного менеджмента, как его обычно называют. Наша страна также имеет свой опыт управления. Задачей ученых и практиков сегодня является анализ этого опыта с целью определения того лучшего, что должно быть взято из него и использовано для интенсификации общественного производства в нашей стране в условиях рыночной экономики.

Развитие теории и практики управления производством, или производственного менеджмента, в XVIII—XX в. шло на основе учета и вовлечения в эту сферу все большего числа факторов, разработки все новых процедур, методов, подходов или, другими словами, повышения разнообразия составляющих процесса управления, что можно назвать его диверсификацией.

Под диверсификацией системы производственного менеджмента следует понимать увеличение разнообразия подходов, методов, процедур (в целом — инструментария) управления предприятиями в ответ на перманентное повышение уровня сложности внешней для предприятий среды, на ее растущую изменчивость.

Диверсификация производственного менеджмента является отражением действия системного закона необходимого разнообразия и подтверждает влияние на процесс управления предприятием внешних ситуационных переменных. Что касается внутренних ситуационных переменных, то их формирование, как правило, происходит под влиянием внешних переменных с участием и под контролем функций управления.

Диверсифицированность менеджмента и инновативный характер происходящих в нем перемен отмечаются и в [1, с. 18]: «Менеджмент регулируется законами развития рыночной системы хозяйствования и направлен на гибкое приспособление производственно-сбытовой деятельности фирмы к изменяющимся рыночным условиям. Менеджмент как наука управления разрабатывает средства и методы, которые способствовали бы наиболее эффективному достижению целей организации... исходя из сложившихся условий во внутренней и внешней среде. Отсюда появление и развитие в современных условиях новых подходов к управлению».

Одной из функций управления является планирование. Его ключевая роль определяется тем, что планирование предшествует выполнению всех других управленческих функций, формулируя цели и задачи организации, пути и методы их достижения, а также определяя необходимые для этого средства.

Авторы [2, с. 50] пишут: «Планирование — процесс, с помощью которого система приспособливает свои ресурсы к изменениям внешних и внутренних условий. Это наиболее динамическая функция, и она должна выполняться эффективно, чтобы обеспечить прочный фундамент для остальных видов управленческой деятельности».

«По мере усложнения обстановки в производственной, общественной и политической областях все большее внимания уделяется планированию как средству борьбы с неопределенностью будущего... Необходимость перемен (т.е. диверсификация планирования и управления — вставка наша) является неизбежным следствием деятельности в динамическом окружении» [2, с. 48-49].

С макроэкономической точки зрения, планирование — это механизм, который определяется рынком. «Организация как участник рыночной системы вынуждена подчиняться ценовому механизму, закону спроса и предложения, поскольку не имеет возможности отменить их действие в условиях конкурентной борьбы. Однако во внутренней среде каждой хозяйственной единицы механизм цен вытеснен сознательными действиями и решениями менеджеров... которые осознанно определяют основные направления внутриорганизационной деятельности. Следовательно, внутренняя природа организации основывается на системе плановых решений» [3, с. 125].

Таким образом, планирование является обязательным элементом управления предприятием в рыночных условиях, и вслед за производственным менеджментом следует рассматривать инновационный механизм диверсификации планирования на отечественных предприятиях с учетом его ориентации на динамично меняющийся спрос.

Очевидно, что к планированию, кроме динамичности, предъявляются также требования обоснованности, оптимальности, точности, оперативности и пр. Указанные принципы и требования были характерны для выполнения функций планирования и в условиях командно-административной экономики. Все, кроме одного — ориентации на достижение целей самостоятельного субъекта хозяйствования, действующего в условиях свободного рынка. Это принципиально иная точка отсчета, с учетом которой современное планирование на отечественных промышленных предприятиях должно строиться на основе новой парадигмы. Для постсоветских предприятий такой подход представляет до сих пор существенную сложность.

Дело в том, что в дореформенный период планирование, построенное на основе закона *планомерного, пропорционального развития социалистической экономики*, было поднято на очень высокий уровень. Существовала единая система планов: от народно-хозяйственного до планов работы отдельных цехов, участков, бригад. Казалось бы, о каком совершенствовании планирования может идти речь? Тем не менее, обширная инновационная программа совершенствования планирования и управления деятельностью предприятий сегодня необходима нашей стране. Собственно, она, так или иначе, проводится уже на протяжении без малого десяти лет и составляет суть перевода российской экономики на рыночные рельсы.

В начале проведения рыночных реформ существовало мнение, что вместе с командно-административной экономикой уйдет в прошлое и вся система планирования. Однако теоретические исследования и практика однозначно показали, что переход к рыночной экономике не отменяет планирования как функции управления производством. Но он призван кардинально реформировать его: *разграничить макроэкономическую политику, проводимую государством, и внутрифирменное/внутрипроизводственное планирование, осуществляемое самостоятельным хозяйствующим субъектом в рыночной среде.*

Рассмотрим влияние рынка на планирование и управление производством, или производственный менеджмент.

Предназначение производственного менеджмента — содействие созданию товаров: изделий или услуг, которые предприятие может с выгодой для себя реализовать на рынке. Поэтому первая, очевидная цель менеджмента — оптимизировать «выход» производственной системы максимального удовлетворения *потребительского спроса*. Вторая, менее очевидная, но оттого не менее важная цель менеджмента — *эффективная переработка ресурсов*, поступающих на вход производственной системы.

Таким образом, налицо наличие целей производственного менеджмента двух типов. Причем первая цель в большей степени лежит на поверхности, а вторая в большей степени касается менеджмента; первая — определяет *необходимое условие* существования предприятия в рыночных условиях, вторая — *достаточное условие*.

Двойственность целей порождает конфликт между ними, и часто улучшение достижения одной из них приводит к ухудшению достижения другой. Баланс между и внутри каждой из этих двух основных целей достигается с учетом сильных и слабых сторон фирмы, конкуренции, имеющей место в данном сегменте рынка, параметров спроса на продукцию/услуги и пр. Это требует наличия в «арсенале» менеджера большого разнообразия подходов и методов управления, применение которых в каждом конкретном случае может дать оптимальный результат — т.е. требует диверсификации системы производственного менеджмента и всех выполняемых в его составе функций, включая планирование.

Внешне и внутренне ориентированное планирование является отражением двойственности целей производственного менеджмента: ориентация на оптимизацию «выхода» производственной системы приводит к

внешне ориентированному планированию, а ориентация на оптимизацию использования поступающих на «вход» системы ресурсов — к внутренне ориентированному. Как и цели производственного менеджмента, внутренняя и внешняя ориентации планирования противоречивы.

Примером ситуации, приводящей к составлению внешне ориентированного расписания, является выполнение разового заказа потребителя. В этом случае точно известно, *что* должно быть сделано и *когда* это требуется. Далее все действия внутри производственной системы, включая изготовление конечного продукта и его компонент, должны быть расписаны во времени так, чтобы потребитель получил свой заказ точно в указанный им срок.

К противоположным выводам приводит анализ ситуации, при которой изделия производятся «на склад» в ожидании будущих заказов покупателей. В этом случае расписание действий, совершаемых внутри производственной системы, составляется без непосредственной ориентации на дату исполнения заказа индивидуального потребителя. Потребности покупателей удовлетворяются со склада, а параметры планирования определяются необходимостью пополнения запаса на складе. Склад в этом случае играет роль буфера, или амортизатора между производственной системой и потребителями.

В формировании структуры производственной системы фирмы, в частности, определении необходимости создания складов, а также в выборе стратегии планирования ее работы решающую роль играют характер и параметры спроса на продукцию/услуги.

Спрос можно анализировать с разных точек зрения, в частности, различный *характер спроса* показывают следующие примеры и схема на рис. 1.

Если цель предприятия — удовлетворение потребителя за счет предоставления ему специфического товара, то запас готовой продукции создавать на складе нерационально. Если потребитель все же требует такой товар в кратчайшие сроки, то запас неизбежен, а все связанные с ним расходы должны включаться в цену, которая при этом существенно возрастает.

Если цель — удовлетворение потребителя в кратчайшие сроки, то создание запаса на складе целесообразно, но при этом запас должна составлять типовая готовая продукция. Если потребитель все же требует специфическую продукцию, то создание ее запаса неизбежно, а все связанные с этим расходы должны включаться в цену, которая при этом существенно возрастает.

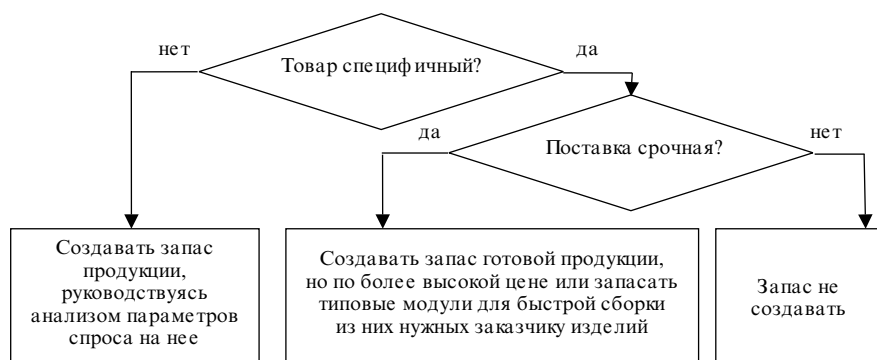


Рис. 1. Схема связи характера спроса на товар с созданием его складского запаса

С другой стороны, если *параметры спроса* относительно постоянны, а его величина достаточно хорошо прогнозируема, то нет смысла производить готовый продукт «на склад». Резервный складской запас может быть создан, но должен иметь минимальную величину. Чем сложнее прогнозировать колебания величины спроса (преобладает случайная составляющая), тем *больше должен быть резервный запас* готового продукта на складе. При циклическом спросе одним из способов избежать отрицательного влияния его изменений на производство также является создание *значительного резерва* готовой продукции в периоды, когда спрос невелик. Некоторые товары вообще не подлежат хранению, как, например, услуги. Налицо объективно противоречивая ситуация, разрешение которой возможно только методами экономической оптимизации.

Связь параметров спроса со структурой производственной системы отражена на рис. 2.

Объектом дальнейшего рассмотрения является оперативно-календарное планирование, которое завершает процесс текущего планирования производства. Календарные графики детализируют планы верхних уровней, доводя их до конкретных исполнителей и разбивая процесс изготовления отдельных деталей и сборочных единиц (выполнения деталей операций) на краткосрочные рабочие задания на смену, сутки, час.

Суть проблемы оперативно-календарного планирования, встающей перед менеджерами, определяется в значительной степени структурой производственной системы и целями, которые необходимо достичь. Существенное усложнение в решаемую задачу вносит учет неопределенности спроса. А среди процедур плановой деятельности на первый план выходит *процедура увязки графиков и производственных мощностей на уровне цеха*. В рамках именно ограничений: *что можно сделать в системе данной структуры и что должно быть сделано*, менеджер делает свой выбор, решая эту задачу.

Наиболее интересной и значимой при составлении календарных графиков задач является *определение порядка запуска партий* в обработку на рабочем центре (сформулировано в терминах машиностроения). Существует множество методов ее решения в зависимости от складывающейся ситуации.

Здесь следует особо остановиться на точном определении категории «рабочий центр». На наш взгляд, выделение рабочих центров взаимосвязано и взаимообусловлено именно с решением задач оперативно-календарного планирования.

Под *рабочим центром* в оперативно-календарном планировании следует понимать одно или группу рабочих мест, на которые планируется/назначается выполнение целостного, неразрывного задания. Под заданием здесь понимается выполнение одной или последовательности технологических операций/работ над партией или единицей изделий. Причем задания, как и все входящие в них операции/работы, проходят рабочий центр в одинаковом порядке. Внутри рабочего центра выполнение отдельных операций *особо не планируется, а жестко задается типом рабочего центра*.

С таких позиций можно выделить три типа машиностроительных рабочих центров:

- ① рабочее место,
- ② предметный или предметно-замкнутый участок,
- ③ многопредметную поточную линию.

Графики прохождения партиями этих рабочих центров представлены на рис. 3.

На рисунке хорошо видно, что варианты *а* и *в* прохождения заданиями рабочих центров при всей разнице ситуаций, в которых они возникают, очень близки по своей сути. Это значит, что и методы составления календарных графиков для них должны быть схожи. Вариант *б* существенно отличается от них.

Цели оптимизации порядка запуска заданий в рабочий центр могут быть двух типов (рис. 4). Это прямо следует из наличия внутренне и внешне ориентированного планирования.

Максимизация пропускной способности ведет к лучшему использованию производственной мощности: повышению загрузки оборудования и рабочих, сокращению их простоев, а также к ускорению выполнения *всех* заданий рабочим центром. Это характерно для *внутренне ориентированного* планирования. Минимизация общего времени опоздания завершения всех заданий в плановые сроки преследует цели *внешне ориентированного* планирования.

Информационно достижение первой цели «привязано» только к интервалу времени — *плановому периоду*, в течение которого все задания должны быть выполнены, и требует указания времени обработки и наладки. Достижение второй цели требует также задания сроков завершения выполнения каждого задания.

Суть разделения первой из целей на две подцели в том, что вторая подцель в отличие от первой предполагает *скорейший уход из рабочего центра выполненных заданий*.

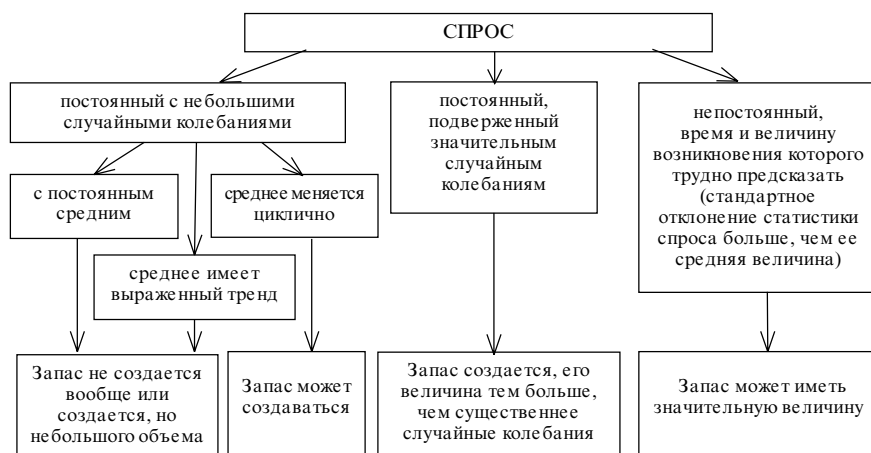


Рис. 2. Схема связи параметров спроса на товар с созданием его складского запаса

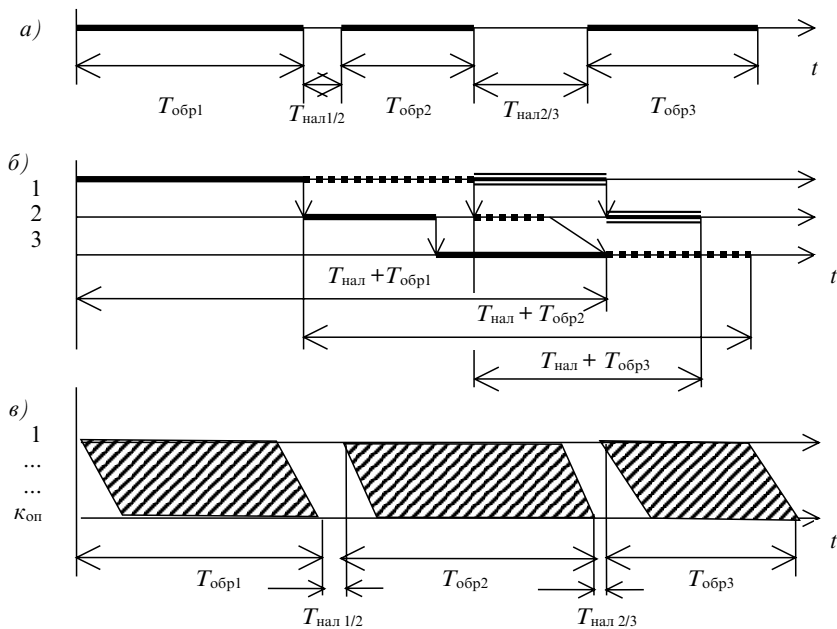


Рис. 3. Графики прохождения трех заданий по рабочим центрам разных типов:

- а — рабочее место,
- б — предметный участок (время наладки не критично),
- в — многопредметная поточная линия

При внутренне ориентированном планировании достижение первой подцели в рабочих центрах типа *а* и *в* возможно только за счет минимизации суммарного времени переналадок; суммарное время обработки при любом порядке выполнения заданий будет, очевидно, постоянно (см. рис. 3). Поэтому при нивелировании времени переналадки первая подцель здесь теряет смысл. В рабочих центрах типа *б* эта подцель всегда актуальна и, в свою очередь, связана с такими частными задачами, как минимизация суммарного времени пролеживания ввиду занятости рабочих мест, максимизация коэффициента использования всех рабочих мест. Достижение второй подцели во всех рабочих центрах всегда актуально и приводит одновременно к минимизации объема незавершенного производства, находящегося в рабочем центре. При этом обе подцели для рабочих центров типа *б* непротиворечивы.

В единичном и мелкосерийном производстве, иногда — в серийном, в качестве рабочих центров выступают отдельные рабочие места. В этом случае обычным способом составления графиков их работы, минимизирующим число работ в системе (вторая подцель), является использование правил приоритетов [4]. Однако при этом нигде не оговаривается, что на применение этих правил есть очень существенное ограничение: время переналадки рабочего центра для разных пар последовательно запускаемых в него заданий должно быть примерно оди-

наково. Если это не так, то правила приоритетов «не работают», но в то же время появляется возможность решать задачу на минимизацию суммарного времени переналадок и вместе с ним — общего времени выполнения всех заданий (первая подцель). Как известно, такая задача сводится к «задаче о коммивояжере» [5].

В серийном производстве основной тип рабочего центра — предметный участок. Задача оптимизации порядка запуска заданий для него имеет совершенно иной характер и требует других методов, отличных от первого случая. Это известные методы Джонсона, Петрова-Соколицына, Петрова и других, хорошо освещенные в специальной литературе, например в [6]. Однако эти методы неприменимы, если, как и в предыдущем случае, время переналадки окажется значимым и существенно зависящим от порядка чередования заданий.

При внешне ориентированном планировании палитра ситуаций существ-

венно уже. Здесь для планирования рабочих мест широко используются правила приоритетов, но в отличие от предыдущего случая, они не дают точного решения. Для предметных участков известных методов нет. Поточные линии практически несовместимы с внешне ориентированным планированием.

Как было отмечено выше, для оптимизации графиков работы предметных участков (объект типа *б*), когда запускаемые задания суть последовательности работ, используются методы Джонсона, Петрова-Соколицына, Петрова и других, ориентированные на увеличение пропускной способности участков, т.е. на работу в условиях внутренне ориентированного планирования. Использование их для достижения другой цели — завершение заданий в срок — невозможно. А все шире распространяющаяся в отечественной практике ориентация планирования на потребительский спрос требует решения именно такой задачи.

В литературных источниках сегодня фактически предлагается использовать для решения этой задачи известные правила приоритетов [4]. Но к такому предложению следует относиться с большой осторожностью. Дело в том, что объекты планирования: рабочее место и предметный участок очень различаются между собой, и механически переносить методы оптимизации, разработанные для одного объекта, на другой — предложение спорное.

Таким образом, представляется целесообразной проверка эффективности «работы» уже известных правил, а учитывая то, что правила приоритетов — это, в основном, эвристические правила, — попытка найти другие, неизвестные сегодня эвристические правила решения поставленной задачи. Кроме того, представляет большой интерес исследование околооптимальных решений, так как их использование обычно существенно эффективнее, чем использование интуитивно найденных вариантов.

Для ответа на поставленные вопросы нами был использован метод

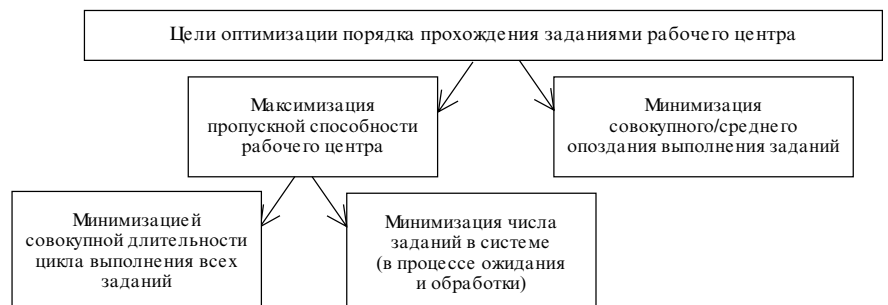


Рис. 4. Структура целей оптимизации порядка прохождения заданиями рабочего центра

статистического моделирования (метод Монте-Карло). Исходный текст оригинальной программы моделирования написан на языке *паскаль*. Объектом моделирования стал предметный участок 6×6 , где выполняется шесть операций и планируется обработка шести партий. Время нахождения партии на операции задается как целочисленная случайная величина, распределенная равномерно в некотором интервале. Так же случайным образом задается и плановое время завершения обработки партии.

Пользуясь тем, что число вариантов порядка запуска партий в обработку невелико — $6! = 720$, программа выбирает оптимальный вариант «прямым счетом» и сравнивает с оптимумом варианты, сформированные согласно задаваемым правилам. В практических расчетах, где число планируемых позиций участка/цеха в серийном производстве обычно измеряется десятками, если не сотнями, выбор оптимума «прямым перебором» исключен.

Время завершения изготовления партий рассчитывается известным «цепным» или матричным методом [6]. Оно сравнивается с плановыми сроками завершения, на основании чего рассчитываются опоздания, если они имеют место. Затем опоздания всех партий по каждому варианту запуска усредняются.

Процесс моделирования графика работы участка с использованием всего перечня известных и предложенных нами правил, а также «прямого счета» проводился на 2 млн комбинаций исходных времен и занял около 25 часов. Анализ результатов моделирования показал, что:

- эффективность «работы» правил по выбранному критерию или число совпадений с оптимумом очень малы (менее 10% случаев);
- одновременно со смягчением требований к оптимальности — с увеличением диапазона допустимых околооптимальных решений процент совпадений для ряда правил заметно растет;
- максимальный процент совпадений для диапазона 10 околооптимальных вариантов все же невелик и не превышает 40%.

Для повышения вероятности нахождения оптимума или попадания в допустимый околооптимальный диапазон следует воспользоваться опытом отечественных ученых В. А. Петрова и С. А. Соколицына и объединить несколько правил в единый *новый метод*. Для него были отобраны шесть лучших правил. Согласно им партии должны располагаться в порядке возрастания значений:

$$1) \sum_{j=1}^{K_{on}-1} t_{ij}, 2) t_{nai} \sum_{j=1}^{K_{on}-1} t_{ij}, 3) t_{nai} \sum_{j=1}^{K_{on}-1} t_{ij}^2,$$

$$4) t_{nai} + \sum_{j=1}^{K_{on}-1} t_{ij}, 5) (t_{li} + t_{nai}), 6) \sum_{j=1}^{K_{on}} t_{ij}$$

где: t_{ij} — время обработки партии деталей i -го типоразмера на операции j ,
 t_{nai} — плановый срок завершения обработки партии i -го типоразмера,
 K_{on} — число операций, выполняемых на участке.

Отметим, что первые четыре из шести правил — это правило 2 метода Петрова-Соколицына и три его модификации. Целесообразно добавить в список правило «*Min* времени обработки» ввиду простоты его использования и хороших результатов, показываемых им. Это правило также близко к первым четырем.

Новый метод для внешне ориентированного планирования работы предметных участков, таким образом, состоит в формировании вариантов запуска по шести правилам и выборе лучшего варианта из них прямым счетом.

Результаты моделирования формирования графика работы участка новым методом, а также методами Петрова-Соколицына и Петрова показаны на рис. 5. Новый метод несколько сложнее известных методов, требует составления и анализа большего числа вариантов, но в то же время дает вполне удовлетворительный для внешне ориентированного планирования результат ($> 70\%$ для 10 вариантов).

Зададимся еще одним важным для практики использования нового метода вопросом: насколько снижает оптимальность построенного графика попадание варианта не в оптимум, а в указанный выше околооптимальный диапазон?

Для его разрешения при проведении каждого испытания все 720 вариантов построения плана ранжировались в порядке увеличения значения критерия. Для каждого варианта рассчитывалось *относительное среднее опоздание* как отношение данного среднего опоздания к общему диапазону изменения размеров среднего опоздания в данном испытании. Таким образом производилось *нормирование* средних опозданий, после чего они становились аддитивными в пределах всех испытаний. Затем для каждого из 720 *порядковых вариантов* проводилась обработка накопленной в ходе испытаний статистики.

Полученный в результате ряд данных показывает ожидаемую динамику роста относительных средних опозданий в диапазоне их возможных изменений, принятом за единицу. Результаты расчетов представлены на рис. 6. Там же показана динамика средних

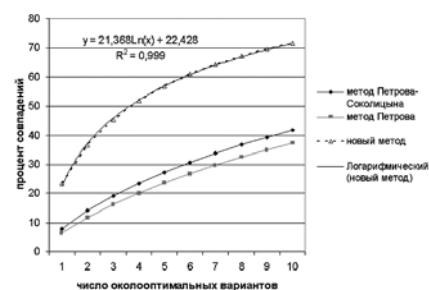


Рис. 5. Графики зависимости процента совпадений сформированных тремя методами вариантов от числа околооптимальных вариантов; показано уравнение аппроксимирующей кривой для нового метода и характеристика точности аппроксимации

значений ожидаемых опозданий для групп вариантов: 1+2, 1+2+3, ... 1+2+3+...+10 и т. д.

Вторая кривая дает ответ на вопрос, поставленный в начале: какую погрешность относительно оптимума дают в среднем, например, первые девять, следующих за лучшим вариантом. При этом предполагается, что попадание на любой из десяти вариантов равновероятно.

Таким образом, задавшись допустимой погрешностью оптимизации, можно указать, какое число порядковых вариантов (т.е. ранжированных в порядке возрастания опоздания) могут быть приняты в качестве подоптимальных. Затем — оценить методы оптимизации (правила приоритетов), с точки зрения вероятности отыскания именно такого числа подоптимальных вариантов.

Так, по полученным нами данным, отклонение $\sim 1\%$ от оптимума дают первые 13 вариантов. Новый метод оптимизации, предложенный нами, уже для 10 вариантов обеспечивает вероятность их отыскания $\sim 72\%$. Для 13 вариантов расчет не производился, но определить вероятность можно, воспользовавшись видом аппроксимирующей функции (см. рис. 5):

$$21,368 \ln(13) + 22,428 = 77,236\%$$

Новый метод нашел практическое применение при построении системы оперативного-календарного пла-

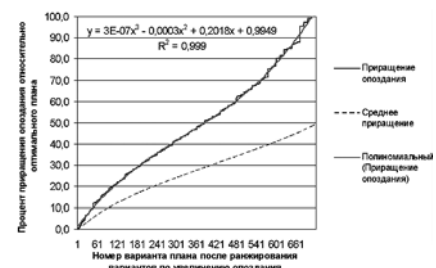


Рис. 6. Динамика роста относительных средних опозданий завершения обработки партий в заданные сроки и вид аппроксимирующей функции; усредненные значения по первым N вариантам

нирования работы предметно-замкнутого цеха одного из предприятий Санкт-Петербурга. В цехе за последний год была выполнена масштабная инновационная программа технического плана: установлены шесть современных технологических машин производства Германии и Италии, на которых в одинаковом порядке выполняются пять технологических операций изготовления продукции.

Цех осуществляет полный цикл изготовления конечной продукции, получая со складов предприятия исходные материалы и выпуская готовую продукцию, поставляемую потребителю. Сколько-нибудь значимые

не превышает 50%. Таким образом, в цехе сложилась необходимость расширения инновационного процесса на область управления производством.

Исходя из постановки задачи и характеристики условий, в которых работает цех, в качестве системы оперативного управления производством была предложена компьютерная система, основанная на использовании новой методики оперативного управления. Ее внедрение потребовало разработки оригинального и использования стандартного программного и информационного обеспечения. Укрупненно структура системы показана на рис. 7.



Рис. 7. Блок-схема компьютерной системы оперативного управления производством в предметно-замкнутом цехе

заделы полуфабрикатов и запасы готовой продукции не создаются ввиду их высокой стоимости и ограниченности оборотных средств предприятия.

Планирование имеет ярко выраженный внешне ориентированный характер. Спрос на продукцию устойчив, хорошо определяем и постоянно растет. «Портфель заказов» формируется на один-два месяца вперед, однако, нередки ситуации, когда появляются новые, приоритетные заказчики и получают право внеочередного изготовления нужной им продукции. Это приводит к кардинальному изменению всего графика производства, так как резервы практически отсутствуют, а работа идет в три смены в непрерывном цикле.

Установленные мощности цеха при существующей системе планирования используются практически «на пределе». В то же время анализ, проведенный работниками цеха, показал, что внутрисменные простои оборудования высоки, и его реальная загрузка

Система состоит из трех основных блоков.

В первом блоке — с использованием математического обеспечения, описанного в предыдущем разделе, производится определение очередности выполнения заказов цехом. Расчет выполняется в двух ситуациях:

1) из планового отдела завода поступает месячное производственное задание цеху;

2) отсюда же в течение месяца поступают дополнения к заданию или его изменения (процедура репланирования).

В результате выполненного расчета компьютер «предлагает» пользователю несколько вариантов, ранжированных в порядке убывания среднего времени опоздания завершения всех заказов. Руководство цеха может на свое усмотрение выбрать вариант, учтя при этом факторы, не введенные в расчет, например, колебание времени наладки в зависимости от порядка запуска заданий в обработку. Может

быть введен и любой произвольный вариант порядка запуска.

После подтверждения выбора порядка запуска происходит выполнение второго автоматизированного блока системы. Вся результирующая информация по выбранному варианту содержится в матрице цепного метода расчета совокупной длительности цикла выполнения всех заказов. На ее основании:

- строится график прохождения операций/рабочих мест всеми заказами;
- формируется для печати маршрутный лист для каждого заказа с указанием сроков прохождения заказом всех операций/рабочих мест, планового и расчетного сроков завершения;
- формируется для печати задание каждому рабочему месту на любой период с указанием сроков начала и завершения наладки и обработки по каждому заказу, а также общий коэффициент загрузки оборудования выполнением всех заказов.

Для учета особенностей планирования работы цеха разработан оригинальный алгоритм формирования уже упоминавшейся матрицы. Его цели:

- планировать выполнение переналадок, совмещенное во времени с обработкой заказа на предыдущей операции, учитывая время межоперационного транспортирования; это возможно, если рабочее место освободилось от выполнения предыдущего заказа и оборудование простаивает;
- учитывать при новом планировании ожидаемое время освобождения операций от выполнения заданий предыдущего плана-графика или время завершения ремонтных работ;
- учитывать при новом планировании ожидаемое время поступления в цех исходных материалов для выполнения заказов.

График на рис. 8 иллюстрирует возникновение названных выше ситуаций. (Его интересно сравнить со «стандартным» графиком на рис. 4, б.)

Алгоритм расчета элементов матрицы $|\tau_{ij}|$ выглядит следующим образом:

$$\tau_{ij} = \max \{ \tau_{i-1,j} + t_{нал\ ij}; \tau_{ij-1} + t_{пр} \} + t_{обр\ ij}, \quad i = 1, 2, \dots, K_{уд}, \quad j = 1, 2, \dots, K_{он}$$

где: i — номера заказов в соответствии с установленным порядком запуска их в производство,

j — номера операций техпроцесса, $K_{уд}$ — количество планируемых заказов,

$K_{он}$ — количество операций, выполняемых в цехе,

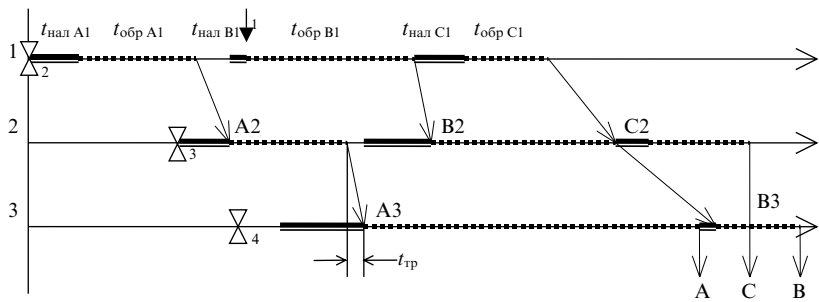


Рис. 8. График прохождения трех заказов: А, В и С по трем операциям с использованием опережающей наладки и с учетом:

- 1 — срока поступления исходных материалов для заказа В;
2, 3 и 4 — сроков освобождения операций от предыдущих заданий.

Здесь:

- наладка,
— обработка,
X — момент освобождения операции от заказа из предыдущего цикла планирования.

$$\tau_{ij} = t_{осв j}, j = 1, 2, \dots, K_{оп}, \tau_{i0} = t_{пост i}, i = 1, 2, \dots, K_{изд}$$

τ_{ij} — время завершения выполнения операции j над изделием заказа i ,
 $t_{осв j}$ — время освобождения рабочего места j ,

$t_{пост i}$ — время поступления в цех материалов для выполнения заказа i ,

$t_{обр ij}$ — продолжительность обработки изделия заказа i на операции j ,

$t_{нал ij}$ — время наладки оборудования на рабочем месте j на выполнение операции над изделием заказа i ,

$t_{тр}$ — время межоперационной транспортировки изделий.

На основе полученного таким образом времени окончания нахождения заказов на операциях легко просчитываются все остальные сроки: начало и окончание наладок, начало и окончание транспортировок и пролеживаний, если те превышают время транспортировки.

В третьем блоке сосредоточен учет и контроль хода выполнения работ — основа обратной связи в процессе управления. Учету подлежат фактические сроки выполнения всех этапов работ, а также поступления в цех материалов и освобождения рабочих мест от предыдущих заданий.

Плановик цеха один раз в сутки — в первую смену, желательно, в одно и то же время вручную собирает информацию с рабочих мест о ходе выполнения графика и возникших отклонениях. Обобщенная информация по цеху вместе с информацией из планового отдела о новых заказах, если она есть, передается начальнику цеха на анализ. Начальник цеха принимает решение о необходимости частичного пересчета или совместно с работниками планового отдела — полного пересчета плана-графика.

Опытная эксплуатация системы показала, что производить пересчет

чаще, чем раз в сутки, нецелесообразно. Обычно пересчет выполняется раз в два-три рабочих дня. Эти сроки должны корректироваться/увеличиваться по мере накопления опыта эксплуатации системы.

При полном пересчете выполненные или уже начатые выполняться заказы изымаются из исходных данных, вновь поступившие — вводятся со всеми сопровождающими их реквизитами. Сроки полных пересчетов целесообразно совмещать со сроками частичных, с тем, чтобы не делать их слишком частыми.

Исходя из сказанного, система планирования в принципе может быть перманентной (динамичной), исключая необходимость формирования *месячного плана-графика*. Однако при этом появляется хорошо известная опасность постоянного откладывания «на потом» неприоритетных заказов.

Литература

1. И. Н. Герчикова. Менеджмент: Учебник для вузов. 3-е изд. переработанное и дополненное. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. 591 с.
2. Р. Джонсон, Ф. Каст, Д. Розенцвейг. Системы и руководство./Пер. с англ. Изд. 2-е, дополненное. Нью-Йорк, 1967 г. М.: «Советское радио», 1971. 648 с.
3. Дж. К. Лафта. Менеджмент. М.: ПБОЮЛ А. Ф. Григорян, 2002. 264 с.
4. Р. Б. Чейз, Н. Д. Эквилайн, Р. Ф. Якобс. Производственный и операционный менеджмент. М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. 704 с.
5. Дж. Литл, К. Мурти, Д. Суни, К. Кэрел. Алгоритм для решения задачи о коммивояжере. Экономика и математические методы, 1965, Т. 1, вып. 1.
6. С. А. Соколицын, Б. И. Кузин. Организация и оперативное управление машиностроительным производством: Учебник для вузов. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. 527 с.

**СИСТЕМА
ГАРАНТ®**

законодательство с комментариями —
БУХУЧЕТ БЕЗ ОШИБОК

**Большая Библиотека
Бухгалтера — на Вашем
компьютере**

Центр правовой информации
по Санкт-Петербургу и Ленинградской области
Компания **ГАРАНТ СК**
198005, СПб., 7-я Красноармейская, д. 6/8
Тел.: 317-8821, 325-5120, 316-5266; факс: 315-5114
E-mail: sale@garant.spb.ru www.garant.spb.ru

