

# Планирование в современных системах управления производством

Ю.М. Соломенцев, Р.Р. Загидуллин, Е.Б. Фролов

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы планирования при создании автоматизированных систем управления предприятиями. Рассмотрены перспективы и проблемы современных АСУП, а также их функции. Представлена разработанная авторами концепция децентрализованной АСУП на базе таких производственных систем, как ERP, APS, MES, SCADA. Рассмотрены вопросы сокращения длительности цикла выпуска продукции как задача планирования на этапах жизненного цикла продукции. Рассмотрены особенности цехового планирования с помощью систем класса MES. Представлено обоснование необходимостей моделей планирования с несколькими обслуживающими устройствами.

**Ключевые слова:** планирование, АСУП, децентрализация, ERP, APS, MES, SCADA. Жизненный цикл продукции. Цеховое планирование. Закон распределения Джурана-Парето. Обслуживающие устройства. Диаграмма Ганта.

## Введение

Управление современным производством включает в себя большое количество общих и частных задач на разных уровнях, от управления оборудованием, приводами станков до управления финансовыми потоками предприятия [1]. Управляемость – один из важнейших критериев любого предприятия, живущего в условиях динамичной рыночной среды. Задачей каждого предприятия с точки зрения бизнеса является возможность в кратчайшие сроки, обусловленные конкуренцией, удовлетворить требования рынка с целью получения прибыли, закрепления своих позиций на рынке, реализации краткосрочных и долгосрочных перспектив.

Успех предприятия в таких условиях зависит, прежде всего, от того, как быстро будут приняты решения на каждом уровне управления. Гарантом в этом случае служит наличие на предприятии развитой автоматизированной системы управления предприятием (АСУП). При этом решения, принимаемые предприятием, могут касаться различных областей его производственно-финансовой деятельности, от

игры на биржах и попыток диверсификации собственного капитала в сферы, характеризующиеся «быстрыми деньгами» до попыток монополизировать ту или иную нишу производства товаров. Но как показывает мировой финансовый кризис, начавшийся в 2008 г., основой благополучия любой национальной экономики является все же производство, поскольку надежность любых финансовых пирамид, рано или поздно иницируемых национальными и транснациональными банковско-монетарными институтами, напрямую зависит от производственного базиса государства, от прочности его промышленного сектора. Поскольку в пиковый момент кризиса выясняется, что экономическое благополучие государства зависит не столько от количества обесценившихся денежных знаков и даже не от уровня капитализации предприятия, сколько от возможности предложить на рынок конкурентоспособные товары, от возможности приспособиться к внешним возмущениям системного характера и зарабатывать деньги в любых экономических обстоятельствах. Это означает, что приоритетными задачами любого государства

является повышение управляемости именно производственной сферы – промышленных предприятий, которые могут составить конкуренцию на современном рынке товаров и услуг.

Если проанализировать современное предприятие с точки зрения перспектив и проблем (Рис.1), становится очевидным, что основные задачи, кроме традиционных, связанных с переоснащением, модернизацией производства и повышением качества продукции, лежат в плоскости оперативного реагирования и принятия оптимального решения, т.е. в наличии адекватной системы управления предприятием.

### 1. Системные решения современных АСУП

К основным функциям современных АСУП можно отнести следующие (Рис.2): анализ и моделирование; планирование; управление; контроль; проектирование и разработка; информационное обеспечение; логистика; сервисные функции. Естественно, здесь показаны лишь наиболее часто встречающиеся функции АСУП и их содержание, полный перечень может включать, в зависимости от уровня автоматизации предприятия, более сотни позиций.

Часть этих функций, в особенности, планового характера присутствовала еще в первых вариантах АСУП 70-х годов, где наиболее



Рис.1. Перспективы и проблемы предприятий

серьезное внимание уделялось функциям среднесрочного и оперативного планирования, как одними из важнейших составляющих процесса управления производством.

Бурное развитие вычислительной техники, прикладной математики, накопленный опыт в управлении производственными системами, послужили технической базой для создания систем автоматизированного планирования производственных процессов как за рубежом, так и в Российской Федерации.



Рис.2. Функции современных АСУП

Задачам планирования и управления не просто уделяется все большее внимание, – за последние 20 лет появилась целое направление в индустрии разработки программного обеспечения для производства. Вопросам разработки систем управления и планирования для промышленности придают все большее значение даже такие гиганты, как Microsoft.

В настоящее время, взамен устаревшим стандартам систем планирования классов MRP (Material Requirements Planning) и MRP-II (Manufacturing Resource Planning), пришли системы нового поколения – ERP (Enterprise resource planning), APS (Advanced Planning & Scheduling Systems) и MES (Manufacturing Execution Systems). Эти системные решения, апробированные за последние 15-20 лет на различных предприятиях машиностроительного комплекса, имеют различное назначение, функциональность и могут быть использованы как в отдельности, так и совместно.

Существует два основных принципа управления (и планирования) большими системами [2] – централизованный и децентрализованный.

В случае централизованного планирования одна система, например, класса ERP, должна составлять расписания работы для всего парка оборудования предприятия как на среднесрочном горизонте планирования, так и на оперативном. Модули планирования современных ERP-систем часто включают в себя APS-системы, которые вполне могут справиться с построением расписания во втором случае, как наиболее тяжелом с вычислительной точки зрения. Но возможности APS-систем все же ограничены при построении таких расписаний.

Во-первых, расписания строятся для конкретных единиц технологического оборудования – обрабатывающих центров (ОЦ), однако за эти расписания несут ответственность все цеховые службы, отвечающие за данный ОЦ. И если в том или ином цехе возникают проблемы, например, со своевременным обеспечением процессов переналадок оборудования или транспортными операциями (невыходы на работу персонала и другие причины), необходимостью более тщательного распределения работ между операторами различной квалификации, то такое количество частных

производственных условий APS-система учесть не в состоянии. В большинстве случаев APS-системы для планирования используют весьма ограниченное количество критериев, чаще всего – критерий минимальной календарной длительности выполнения всего комплекса работ на горизонте планирования. Но для каждого цеха, каждого подразделения, в силу тех или иных сложившихся на конкретный момент обстоятельств, критерии планирования могут быть разными. В данном случае речь идет о построении расписаний для нескольких цехов, в ряде случаев связанных между собой общностью оборудования или технологическими маршрутами, с различными ограничениями и критериями.

В работе [3] рассмотрены подобные задачи, которые характеризуются сложными математическими моделями для автоматизированных производственных систем. Однако существующие на сегодняшний день APS-системы пока еще не в состоянии поддерживать решение этих задач.

Во-вторых, любой план теряет точность прямо пропорционально величине горизонта планирования и количеству ОЦ, для которых ведется планирование. Это означает, что система централизованного планирования должна иметь возможность оперативного сбора информации и пересчета расписаний оперативного характера в режиме real-time для нескольких сотен, а иногда и тысяч ОЦ. Как мы знаем, в теории управления большими системами такое положение вещей не всегда является осуществимым и в целях упрощения процесса управления и планирования используются принципы децентрализации.

На Рис.3 представлена схема процесса планирования производственных процессов в АСУП децентрализованного типа, включающая в себя, кроме систем классов ERP, APS и MES, еще и SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition).

Организирующим элементом здесь является ERP-система, выполняющая роль как учетно-информационной системы, так и системы управления. В ее задачи входит формирование портфеля заказов из предложений рынка различной продукции.

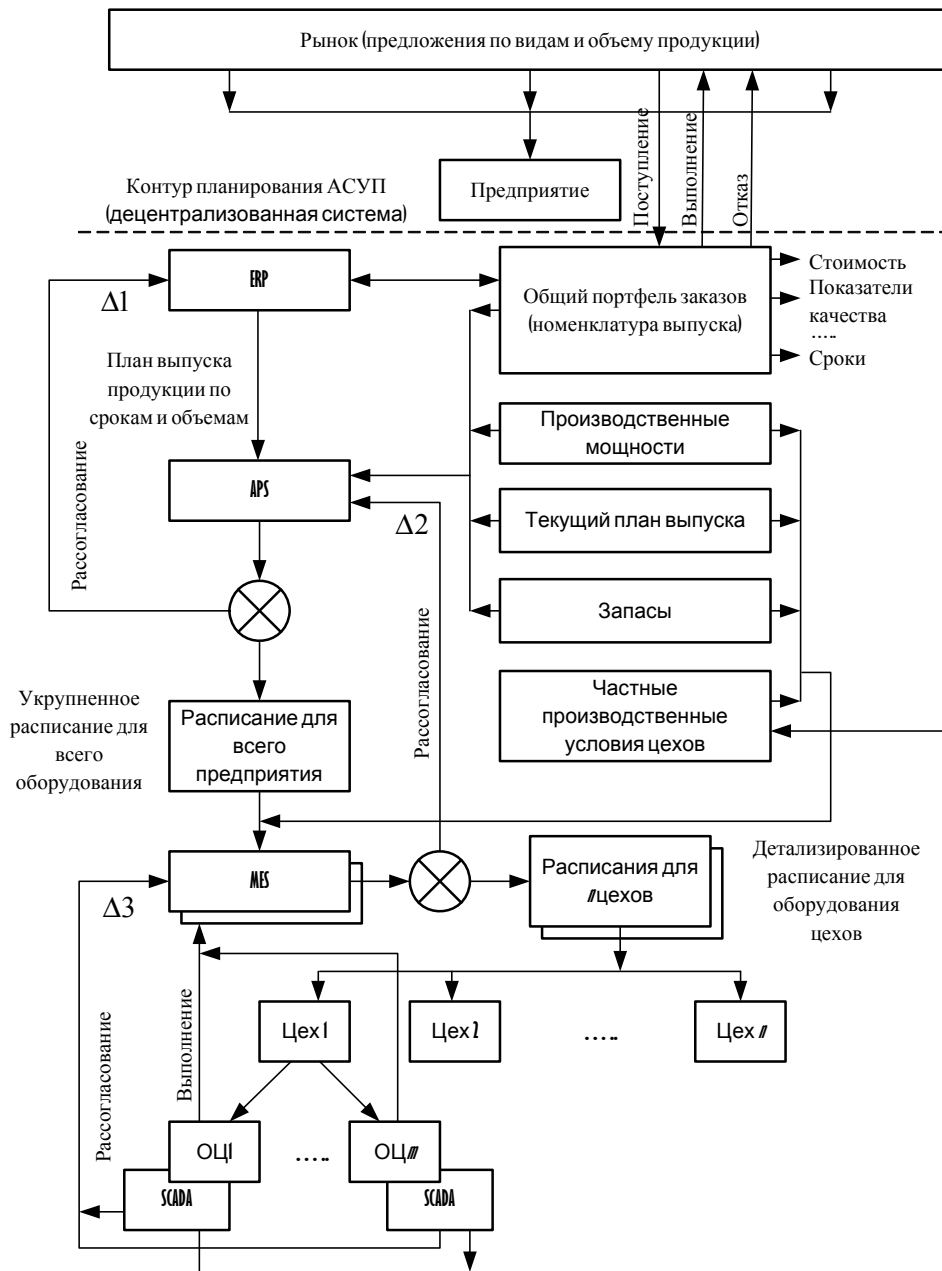


Рис.3. Децентрализованная система планирования в АСУП

Первой задачей АСУП при формировании портфеля заказов является оценка возможности выполнения того или иного заказа по таким критериям, как стоимость, сроки изготовления, объемы, параметры качества, соответствие требуемым техническим условиям и пр. Данная оценка проводится как с помощью несложных логистических инструментов, позволяющих определить возможность выполнения заказа с

точки зрения существующего на предприятии уровня технологии (или – технологического уклада), возможности приобретения материалов и комплектующих, так и силами APS-систем, задача которых – определить возможность выполнения заказа во времени с учетом занятости производственных мощностей. При этом составляется расписание работы необходимых для выполнения анализируемой продук-

ции ОЦ цехов. Расписание для вновь поступающей в портфель заказов продукции составляется с учетом того, что для ранее запланированных к производству заказов не пересматривается время их запуска и выпуска, т.е. при планировании используются либо существующие резервы времени, либо планирование изготовления предполагается на момент освобождения требуемых ОЦ от ранее запущенных в производство заказов.

Если полученные в результате планирования сроки изготовления анализируемой продукции устраивают заказчика, то данная продукция поступает в портфель заказов. В противном случае заявка на изготовление рассматриваемой продукции не может быть принята.

В итоге соответствующие цеха и производственные подразделения получают от APS-системы определенный объем продукции, которую надо выполнить в указанные планом сроки. APS-система составляет планы, как правило, в момент поступления нового заказа. План по выпуску принятого к производству изделия спускается в те цеха, в которых должны быть изготовлены те или иные деталесборочные единицы (ДСЕ) данного изделия. Таким образом, каждый цех получает свое задание, которое содержит перечень изготавливаемых ДСЕ с указанием операций технологического маршрута, требуемые объемы, моменты времени по выполнению технологических операций на соответствующих ОЦ и сроки сдачи ДСЕ.

В принципе, каждый цех может использовать полученное расписание изготовления вновь поступивших ДСЕ как директивное и руководствоваться только им, но как мы говорили выше, точность расписания напрямую зависит от длительности горизонта планирования и количества ОЦ, на которых составляется это расписание. Если директивные расписания от APS-системы могут поступать раз в неделю (при поступлении нового заказа), то для цеха актуально расписание на текущую смену или сутки. Каждый цех на текущий момент времени характеризуется собственными производственными условиями, которые могут препятствовать строгому выполнению расписания, выданного APS-системой. Например, при временном дефиците наладчиков оборудования, расписание

для того или иного цеха целесообразно построить по критерию минимума количества времени, затрачиваемого на переналадку. При дефиците транспортных средств - по критерию минимума времени, затрачиваемого на транспортные операции.

Поэтому поступившие от APS-системы в тот или иной цех задания пересматриваются MES-системой. Задача MES-системы – коррекция нового план-графика работы оборудования в соответствии с частными условиями цеха. MES-система составляет расписание для цеха при новых поступлениях заказов на оперативном интервале времени с учетом того критерия, который является наиболее актуальным для данного цеха в текущий момент времени. При этом моменты выпуска вновь поступивших ДСЕ, определенные ранее APS-системой, для MES-системы являются директивными. Можно выпустить эти ДСЕ раньше, пересмотрев расписание цеха, но нельзя выпускать позже срока, рассчитанного APS-системой. Причина этого директивного начала со стороны APS кроется в том, что сроки сдачи, рассчитанные APS согласованы с заказчиком и, в ряде случаев, присутствуют в договоре. Нарушение этих сроков выпуска может повлечь нарушение внешних, по отношению к предприятию, сроков поставок продукции со стороны заказчика, т.е. может нарушиться временная составляющая цепочки поставок. Для предприятия это может обернуться штрафными санкциями.

Итак, MES-система в контуре планирования АСУП составляет расписание для цеха или производственного участка на оперативном горизонте планирования исходя из ограничений внешнего и внутреннего характера по критерию, который наиболее полно отражает особенности цеха в текущий момент времени. К задачам MES-систем можно отнести не только единовременное составление расписания работы оборудования в течение краткосрочного горизонта планирования, но также постоянную его коррекцию во времени. В случае выхода из строя какого-либо ОЦ или другого объекта, участвующего в ходе технологического процесса, MES-система оценивает, в зависимости от времени восстановления отказавшей единицы оборудования и директивных сроков сдачи

ДСЕ, как возможность сдвига по времени выполнения зависимых ДСЕ (при наличии резервов времени), так и пересчета расписания или его части. Таким образом, MES-система обеспечивает существование контура автоматического регулирования функции производства с учетом динамически меняющихся частных производственных условий производственных подразделений.

Необходимость внеплановой остановки оборудования не всегда связана с сообщениями операторов или наладчиков, получающих визуальную информацию общего характера. В ряде случаев брак изготовления или состояние оборудования не диагностируемы визуально, поэтому с целью сбора, анализа информации о качестве технологических процессов в общем контуре планирования АСУП должны использоваться SCADA-системы. Задача этих аппаратно-программных комплексов – сбор информации о ходе технологического процесса (ТП) в реальном режиме времени, аварийное оповещение в случае выхода параметров ТП за пределы допустимых значений и поломки оборудования, а также – формирование журнала событий и связь с MES-системой. Таким образом, через взаимодействие систем MES и SCADA обеспечивается контроль качества протекания ТП и в дальнейшем – своевременное принятие решения об остановке оборудования, пересчете расписания.

Итак, мы видим, что система планирования производственных процессов на предприятии может быть реализована за счет системной организации трехконтурной распределенной архитектуры – ERP→APS, APS→MES, MES→SCADA с обратной связью и соответствующих параметров рассогласования для каждого уровня – Δ1, Δ2 Δ3 на основании которых верхний уровень принимает решения о корректировке плановых директив для нижнего уровня. Так, например, рассогласования Δ3 поступающие со SCADA-систем, заставляют MES-систему в ряде случаев пересчитывать расписания. Рассогласования Δ2 поступающие с MES-систем, заставляют APS-системы либо уменьшить нагрузку на цеха (в случае невыполнения заказов в указанные сроки), либо пересчитать директивные сроки. Рассогласования Δ1 поступающие с APS-системы, заставляют от-

казаться от тех или иных заказов либо пересмотреть сроки поставок со стороны заказчиков.

MES-система на предприятии может быть одна и при этом расписания будут строиться для каждого цеха независимо от других за исключением случаев, когда технологический маршрут ДСЕ проходит по нескольким цехам. В то же время допускается наличие на предприятии нескольких MES-систем от разных производителей. В большинстве случаев это обуславливается особенностями различных производственных подразделений (цехов и участков) и соответствующей специализацией самих MES-систем.

## 2. Особенности планирования жизненного цикла продукции

Рассмотренная выше схема децентрализованного планирования с трехзвенной архитектурой может быть использована не только для управления технологическими процессами. Жизненный цикл продукции (ЖЦП) в рамках предприятия включает в себя, кроме этапа производства, такие этапы, как: маркетинговые исследования, предварительное проектирование и разработка служебного назначения продукции [4], проектирование конструкции, разработка технологических процессов, технологическая подготовка производства, контроль и испытания, складирование и хранение на предприятии, транспортирование, дистрибуция, реализация продукции, эксплуатация, техническое обслуживание и утилизация.

При этом весь ЖЦП состоит из нескольких этапов (Рис.4): ЖЦП<sub>П</sub> – ЖЦП на этапе производства продукции (этап предприятия); ЖЦП<sub>Р</sub> – ЖЦП на этапе реализации продукции (этап дистрибуции, реализации продукции); ЖЦП<sub>Э</sub> – ЖЦП на этапе эксплуатации продукции (этап потребителя); ЖЦП<sub>РМ</sub> – ЖЦП на этапе ремонта продукции (этап восстановления и ремонта продукции); ЖЦП<sub>У</sub> – ЖЦП на этапе утилизации продукции (этап утилизации). За каждый из этих этапов отвечают различные структуры – производители, предприятия торговли, ремонтные предприятия, потребители и предприятия, отвечающие за утилизацию продукции.

С точки зрения повышения эффективности деятельности предприятия нас, прежде всего,

интересует сокращение ЖЦП на этапе производства – ЖЦП<sub>П</sub> [5]. Надо отметить, что практически многие этапы ЖЦП сокращаются из года в год за счет все возрастающей динамики увеличения спроса на новые виды продукции, что является особенностью развитого общества потребления. Например, за счет маркетинговых и рекламных мероприятий, более точного прогнозирования спроса продукции на рынке и развития торговых сетей сокращаются сроки реализации продукции. Этап эксплуатации изделий сокращается за счет появления на рынке новых моделей, увеличения доли импорта, укоренившегося в последние годы понятия морального старения продукта. Все эти факторы резко сокращают длительность этапа ЖЦП<sub>Э</sub>. Расширение сети сервисных служб, оснащение их современной техникой и модульный принцип конструкций большинства изделий резко сокращают длительность ремонта – ЖЦП<sub>РМ</sub>.

При этом в общей цепочке ЖЦП с каждым годом усиливается дисбаланс между относительно постоянной длительностью этапа ЖЦП<sub>П</sub> и сокращением длительности остальных этапов.

Таким образом, сокращение большинства этапов ЖЦП заставляет производство все быстрее и быстрее выводить на рынок новые товары. При этом этап утилизации (ЖЦП<sub>У</sub>) не оказывает какого-либо существенного влияния на современное производство, находящееся в непростых условиях динамично меняющейся рыночной среды. Динамика товарно-денежных отношений увеличивается все быстрее и преимущество в конкурентной борьбе появляется у тех предприятий, которые могут быстрее выпустить новую продукцию. Поэтому основной, глобальной задачей любого предприятия, в большей степени это касается предприятий машиностроительного комплекса как гаранта экономической независимости и технологической безопасности государства является сокращение всего ЖЦП, а не только этапа производства.

Если проанализировать этап ЖЦП<sub>П</sub>, то окажется, что он состоит не только из механической обработки и сборки продукции. Непосредственно изготовлению продукции предшествуют этапы

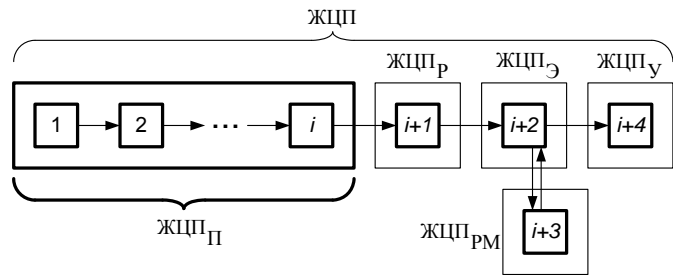


Рис.4. Жизненный цикл продукции

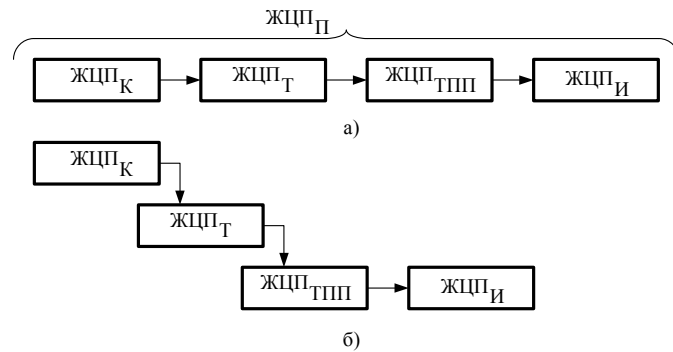


Рис.5. Варианты последовательности этапов жизненного цикла продукции

интеллектуального характера. Если исключить маркетинг, этап ЖЦП<sub>П</sub>, укрупнено, включает в себя следующие основные этапы (Рис.5.а): этап конструкторской разработки изделия – ЖЦП<sub>К</sub>, этап разработки технологического процесса – ЖЦП<sub>Т</sub>, этап технологической подготовки производства – ЖЦП<sub>ТПП</sub> и непосредственно сам этап изготовления продукции – ЖЦП<sub>И</sub>. Таким образом, упорядочению и планированию с целью сокращения общей длительности этапа ЖЦП<sub>П</sub> подлежит не только цикл механической обработки (изготовления), но также все предшествующие ему этапы. При этом между этими этапами зачастую возникает сложная взаимосвязь во времени, обусловленная порядком выполнения всего комплекса работ, принятыми на предприятии особенностями организации производства. Могут встречаться как строго последовательные варианты этапов (Рис.5.а), так и с перекрытием во времени (Рис.5.б).

Последняя возможность возникает в том случае, если после утверждения сборочного чертежа изделия конструктор (или несколько конструкторов) разрабатывает чертежи отдельных деталей и передает их технологу (или группе технологов), который, не дожидаясь полного окончания дета-

лировки изделия, сможет приступить к разработке ТП изготовления той или иной детали. Такая возможность появляется с использованием систем классов PDM/PLM (Product Data Management/Product Life Management) – проекте изделия всегда можно увидеть готовность тех или иных документов (чертежей, ТП и пр.).

Детальная картина интеллектуальных процессов представляет собой сложную взаимосвязь расписаний работы соответствующих служб (Рис.6).

Разработка ТП часто начинается до момента полного окончания этапа конструирования: после разработки и утверждения сборочных чертежей изделий разработка ТП на отдельные детали может начинаться по мере завершения разработки чертежей тех или иных деталей. Такая же картина может наблюдаться для этапов технологической подготовки производства (ТПП) и непосредственного изготовления деталей.

С помощью такого последовательно-параллельного способа планирования работ возможно сокращение длительности ЖЦП<sub>П</sub> отдельных изделий –  $t_{ЖЦП_{Пi}}$ .

При этом длительность ЖЦП<sub>П</sub> тем меньше, чем меньше разница между моментами начала смежных этапов ЖЦП<sub>П</sub> для каждого  $i$ -го изделия,  $\Delta t_{K-T_i}$ ,  $\Delta t_{T-ТПП_i}$  и  $\Delta t_{ТПП-И_i}$ . Сокращение этих величин возможно только в одном случае – если модель планирования будет включать в себя как все этапы ЖЦП<sub>П</sub>, так и все исполнительные устройства, отвечающие за выполнение тех или иных работ ЖЦП<sub>П</sub>. Это – множества инженеров-конструкторов, технологов, специалистов отделов АСТПП и множества рабочих центров по всей технологической цепочке (все технологическое оборудование предприятия). При этом диаграмма Ганта этапа ЖЦП<sub>И</sub> будет представлена всеми производственными подразделениями предприятия (цехами) с последующей дифференциацией на расписания отдельных подразделений.

На сокращение указанных величин  $\Delta t_{K-T_i}$ ,  $\Delta t_{T-ТПП_i}$  и  $\Delta t_{ТПП-И_i}$  сильно влияет возможность альтернативного назначения той

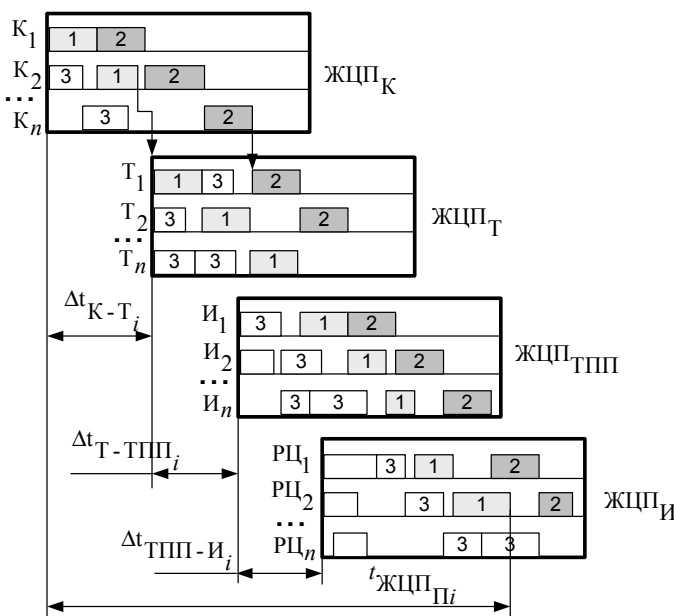


Рис.6. Взаимосвязь расписаний работы различных этапов ЖЦП<sub>П</sub>

или иной работы (разработки чертежа детали, ТП, выполнение операции и т.п.) возможно большому числу взаимозаменяемых обслуживающих устройств (конструкторов, технологов, РЦ), которые могут выполнить эту работу.

При решении таких задач комплексного планирования всех процессов на предприятии можно пользоваться рассмотренной выше схемой децентрализованного планирования с трехзвенной архитектурой с использованием систем ERP, APS и MES. При этом принципы планирования, математические модели и алгоритмы остаются теми же, что и для случая планирования производственных и технологических процессов.

### 3. Особенности планирования с помощью MES-систем

Остановимся подробно на особенностях планирования в MES-системах. Не столько по причине того, что это относительно новый класс систем в структуре АСУП, сколько в силу того факта, что именно с помощью этих систем осуществляется планирование материальных потоков непосредственно в цехах и участках, там, где, собственно, и создается добавленная стоимость, которая является залогом успеха предприятия.



MES-системы, в отличие от APS-систем, к сожалению не могут похвастаться широким охватом спектра планируемых операций на горизонте планирования. В настоящее время MES-системам по силам формирование планов с размерностью задач порядка 200-250 ОЦ и 3000-4000 операций, т.е. MES-система может построить расписание работы оборудования для участка, цеха, но не для всего предприятия в целом. Объясняется это тем, что MES-системы, в отличие от APS-систем, строят расписания не за один проход (как в случае APS), а за несколько. В ряде случаев количество операций перебора вариантов достигает одного миллиона. При этом расписание, построенное ранее APS-системой, MES-система улучшает, оптимизирует. Этим достигается более высокая плотность построения расписаний, что позволяет более эффективно загрузить оборудование, устранить простои ОЦ и сократить общий производственный цикл изготовления продукции (Рис.7).

Это достигается за счет того, что в MES-системах используются достаточно сложные оптимизационные алгоритмы. Никакие другие системы планирования, как правило, не оптимизируют расписание, а только лишь находят

первое допустимое решение, иногда очень далекое от оптимального и характеризующееся большими временами простоев оборудования.

Вторая особенность MES-систем состоит в том, что они работают в оперативном режиме, приближенном, с точки зрения длительности технологических операций, к режиму real-time. На расчет суточного расписания для цеха MES-системе дается не более 3-5 минут.

Подобная оперативность востребована в случае пересчета расписания, т.е. скорость принятия решения в MES-системах на порядок выше, чем в любых других системах планирования.

MES-системы, в отличие от любых других систем, располагают большим количеством критериев планирования и их комбинаций, которые диспетчер может выбирать в соответствии со сложившейся текущей ситуацией в цехе.

Только MES-системы могут планировать операции в сборе [6], а также формировать нерегулярные партии запуска. Эти возможности часто востребованы в машиностроительном производстве, а также в случаях, когда возможно объединение ряда различных партий ДСЕ, имеющих общность в плане обрабатываемых конструктивных элементов и поверхностей.

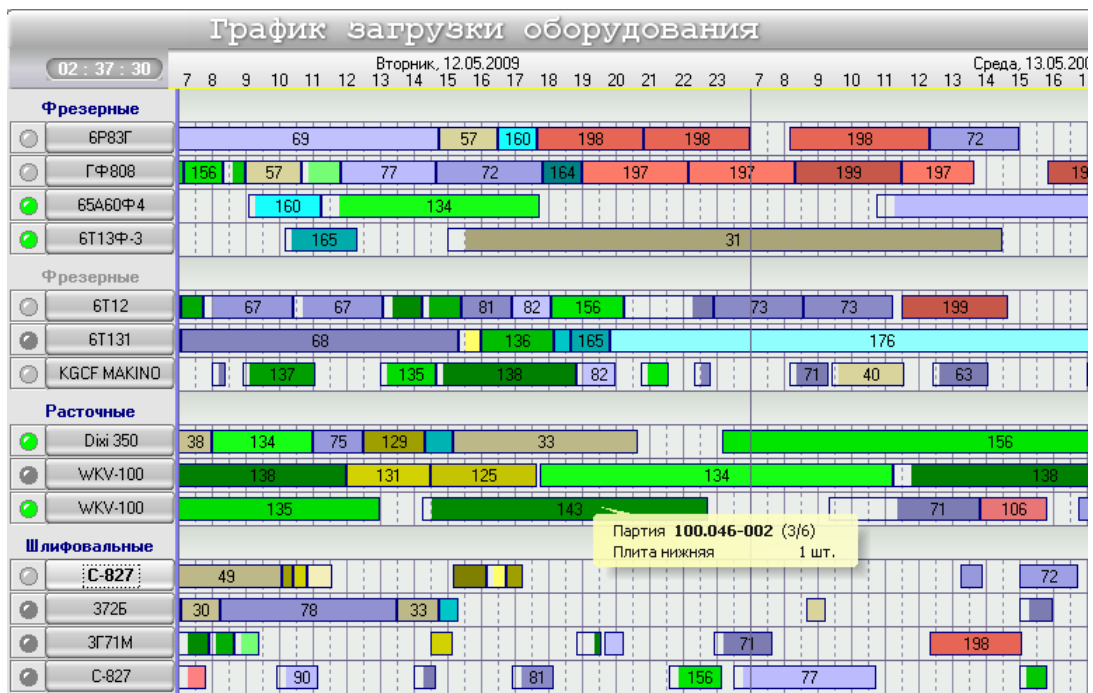
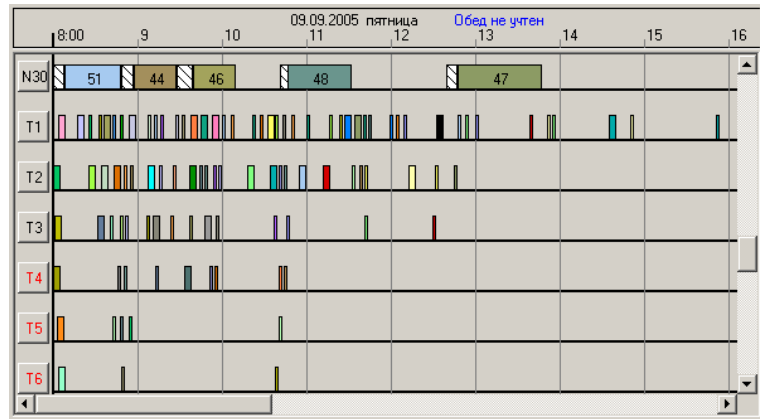


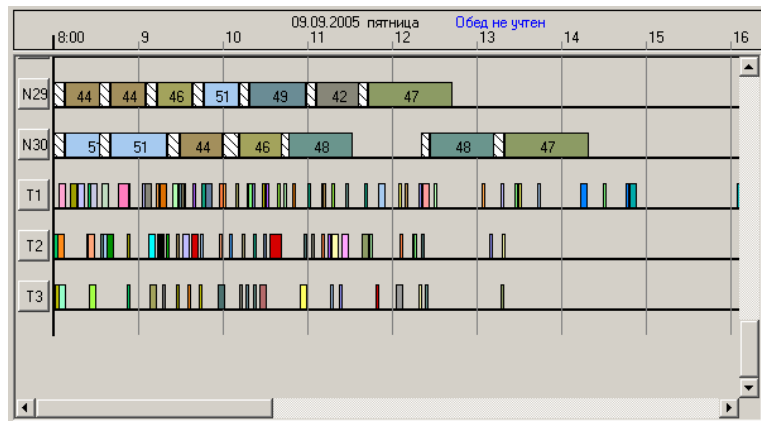
Рис.7. Диаграмма Гантта в MES-системе ФОБОС

В ряде MES-систем возможно составление расписаний не только для ОЦ, но также для транспортных средств и бригад наладчиков, т.е. MES-системы позволяют оперировать классами обслуживающих устройств. Исследования показали, что в автоматизированных производственных системах характер обслуживания ОЦ транспортными средствами при использовании традиционных методов построения расписаний подчиняется распределению Джурана-Парето, доминирование которого ранее приписывалось исключительно социально-экономическим системам с возможностью самоорганизации. Это означает, что 80% транспортных средств, бригад наладчиков и обслуживающих устройств, подчиненных графику работы ОЦ, будут загружены только на 20%. На Рис.8,а показан случай, когда традиционные методы составления расписаний для 30 станков потребовали 23-х транспортных средств, загрузка которых была сильно дифференцирована. Использование в MES-системе PolyPlan моделей с несколькими классами обслуживающих устройств (Рис.8,б) позволяет получить для данного примера расписание, полностью укладывающееся в ограничения по срокам, но при этом количество транспортных средств сокращается до 3 штук при практически одинаковой загрузке в течение горизонта планирования.

Немаловажным преимуществом MES-систем, особенно в пору экономического кризиса, является прозрачность всех формируемых расписаний. Дело в том, что при использовании MES-систем для составления расписаний работы оборудования все неточности, а в ряде случаев – преднамеренные, связанные с нормированием, сразу становятся очевидными. Разница между действительными затратами времени и неверными данными в ТП в 5% случаев и более не остается незамеченной ни в цехе, ни на столе руководителя, что позволяет перейти к действительной экономии материальных и людских ресурсов.



а) вариант расписания, построенный по традиционной методике



б) вариант расписания, построенный с учетом нескольких классов обслуживающих устройств

Рис.8. Варианты построения расписания для вспомогательного оборудования

## Заключение

В статье был рассмотрен комплексный подход к созданию системы планирования технологических и бизнес-процессов на предприятии на основе использования современных систем учета, планирования и оперативного контроля различных классов – ERP, APS, MES, SCADA. Идея комплексного планирования в АСУП носит характер не идеальности решения, а системности, поскольку невозможно, в силу зависимости на предприятии большого количества процессов, ресурсов, исполнителей, решить полностью только наиболее важные локальные проблемы. Любые ошибки на любом из уровней управления могут свести на нет все усилия, затраченные на любом другом уровне управления.

Возможно ли сейчас, в пору финансового кризиса, когда предприятия озадачены решением более простых, на первый взгляд, и злободневных текущих финансовых проблем, создание комплексных системных решений в области управления и планирования? Возможно, если поставлена цель создания такой системы. Такие системы не могут инсталлироваться за один-два месяца, это – предмет долгосрочной перспективы, перспективы создания гибкой системы управления, позволяющей контролировать и управлять всеми ресурсами предприятия в реальном режиме времени, позволяющей добиваться сокращения длительности производственного цикла, сокращения непроизводительных потерь и повышения устойчивости предприятия в динамически меняющихся условиях современного рынка продукции.

## Литература

1. Основы автоматизации машиностроительного производства. / Ковальчук Е.Р., Косов М.Г., Митрофанов В.Г. и др./ Под ред. Ю.М. Соломенцева – М.: Высшая школа. – 2001. – 312 с.
2. Системный анализ и принятие решений. Словарь-справочник./Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высшая школа. – 2004. – 616 с.
3. Загидуллин, Р.Р. Оперативно-календарное планирование в гибких производственных системах /Под ред. В.Ц. Зориктуева. – М.: Изд-во МАИ, 2004. – 208 с.
4. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, СТАНКИН, 1997. 592 с.
5. Загидуллин Р.Р. Управление жизненным циклом продукции. М.: СТИН, 2008, № 6, С. 2 – 4.
6. Компьютерное моделирование менеджмента. /А.Ф. Горшков, Б.В. Евтеев, В.А. Коршунов В.А. Титов Е.Б. Фролов. – М.: Экзамен. – 2007. 622 с.

**Соломенцев Юрий Михайлович.** Ректор Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», директор Института конструкторско-технологической информатики РАН. Член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, лауреат Ленинской (1972г.) и Государственной (1986г.) премий, Заслуженный деятель науки РФ, Почетный работник высшего образования России. Автор более 300 научных работ. Специалист в области информатики (автоматизированные системы проектирования и изготовления изделий в машиностроении).

**Загидуллин Равиль Рустэм-бекович.** Профессор Уфимского государственного авиационного технического университета. Окончил Уфимский авиационный институт в 1983 году. Доктор технических наук. Автор более 140 печатных работ, трех учебников и одной монографии. Область научных интересов: автоматизация и управление производством, управление качеством, исследование операций (многокритериальная оптимизация, теория расписаний). E-mail: [polysoft@ufanet.ru](mailto:polysoft@ufanet.ru); [polysoft@list.ru](mailto:polysoft@list.ru)

**Фролов Евгений Борисович.** Профессор Московского государственного технологического университета «СТАНКИН». Окончил: Московский институт электронного машиностроения в 1973 году. Доктор технических наук. Автор более 150 печатных работ. Область научных интересов: автоматизация и управление производством. E-mail: [fobos@sl.ru](mailto:fobos@sl.ru).