

ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ДИСПЕТЧИРОВАНИЕ В MES-СИСТЕМАХ

Данная статья является продолжением цикла статей о MES-системах. Авторы обращают особое внимание на варианты связей различных этапов и способов планирования разными системами и особой роли диспетчирования в MES.

В зависимости от типа производства, особенностей построения конкретных АСУП и их разновидностей, используемых на предприятии систем управления производственными и технологическими процессами (MES-системы являются системами управления именно технологическими процессами), существуют два различных подхода к получению точных план-графиков работы оборудования: метод поэтапного децентрализованного получения плана работ; метод рекурсивного получения и выполнения плана работ.

МЕТОД ПОЭТАПНОГО ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАНА РАБОТ

Он характеризуется тем, что задача планирования выпуска продукции на предприятии разбивается на несколько независимых этапов: оценка мощностей на заданном портфеле заказов, объемно-календарное планирование, детализированное оперативно-календарное планирование.



Рис. 1. Структура децентрализованной АСУП.

Этап оценки мощностей характеризуется тем, что на существующем портфеле заказов (ПЗ), с учетом заказов, находящихся в производстве, оценивается – возможно ли выполнение заданного ПЗ на предприятии по фондам времени имеющегося оборудования. В данном случае не требуется построения никаких графиков, нужен только один простой ответ на такой же простой вопрос – производственные фонды предприятия смогут «осилить» требуемую нагрузку или нет? В результате мы получаем либо отрицательный ответ, либо положительный в виде процента загрузки фондов – от 0 до 100.

Безусловно, на последующих этапах планирования происходит последовательное уточнение этой оценки на основании решения задачи баланса производственных мощностей (Capacity Planning Problem).

В результате появляется возможность получить сводные коэффициенты загрузки технологического оборудования по

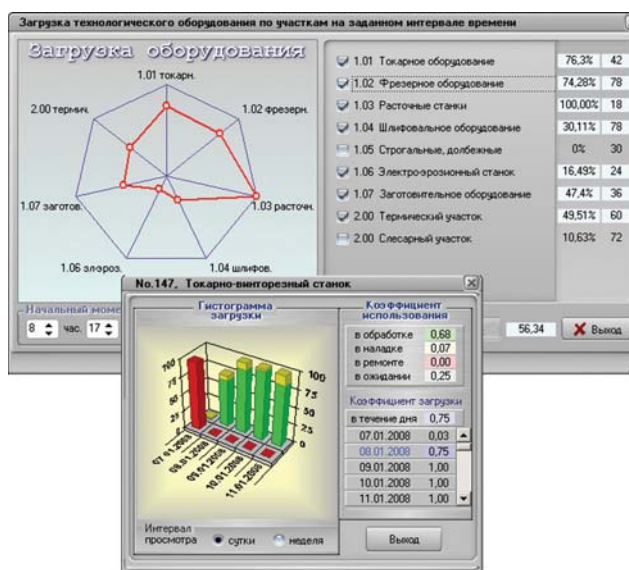


Рис. 2. Баланс производственных мощностей (MES-система «ФОБОС»).

цехам и участкам, а также подробную гистограмму загрузки конкретного станка (ежедневные коэффициенты использования: в работе, в наладке, в ремонте, в ожидании). Но это уже на уровне MES-систем.

Этап объемно-календарного планирования в какой-то мере повторяет предыдущий, но здесь уже требуется полная картина предварительной загрузки оборудования (рис. 2). С задачами такого объемного планирования (ОП) вполне справляется большинство систем управления как класса ERP, так и MRPII. Разделение задач планирования при поэтапном методе показано на рис.1, где видно – какие системы на каком этапе выполняют ту или иную функцию. На первом уровне с помощью систем класса ERP решаются задачи стратегического характера – управление ресурсами предприятия, укрупненное планирование. Для каждого цеха, на основе расщелкивания заказов, определяется – сколько и каких комплектов, сборочных единиц и деталей необходимо сделать к определенному сроку.

В дальнейшем эти объемы работ необходимо выполнить на конкретных единицах оборудования, с учетом их переналадок, ремонтов, отказов, транспортных и складских операций, кадрового состава операторов и станочников и других производственных факторов конкретного цеха. За выполнение этих задач отвечают MES-системы – уровень детализированного, оперативно-календарного планирования. Кроме того, на нижнем уровне управления находятся SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition), которые отвечают за функции автоматизации управления и контроля выполнения технологических процессов.

Взаимосвязь систем ERP и MES представлена на рис. 3. При этом ERP-система формирует объемные планы для цехов, а с помощью сессий MES-системы каждый цех формирует детализированные расписания. Данная система управления должна иметь два контура диспетчирования – внешний K1, отслеживающий возможность выполнения заданного объема при существующих временных ограничениях на горизонт планирования

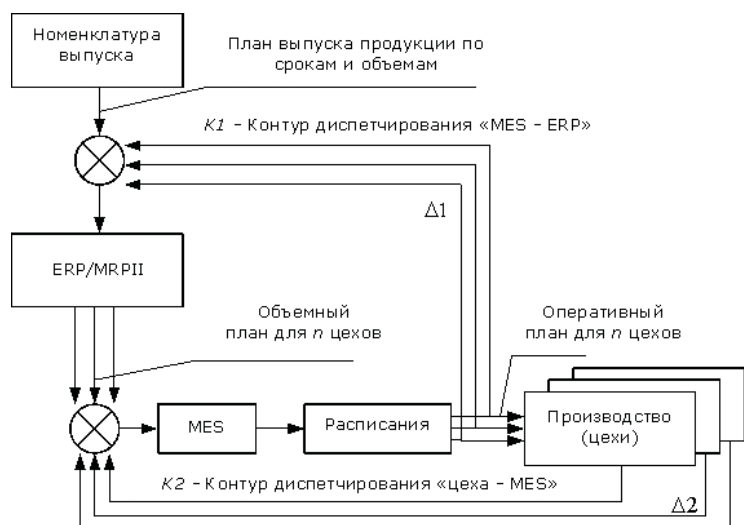


Рис. 3. Взаимосвязь систем ERP и MES.

и сроки выпуска продукции конкретного наименования, и внутренний контур - K2. Контур управления K1 формирует соответствующую величину рассогласования, а внутренний контур K2 формирует величину рассогласования в случае, если для того или иного цеха необходима коррекция его текущего производственного расписания из-за возникших отклонений от принятой производственной программы.

Причины такого децентрализованного подхода к управлению производством кроются в том, что задачи составления расписаний работы оборудования с математической точки зрения относятся к классу NP-сложных комбинаторных задач. Вот почему все известные нам ERP-системы не в состоянии оперативно составлять детализированные планы, порой, для нескольких тысяч единиц оборудования, а также отслеживать все изменения, происходящие в цехах и на участках. Поэтому эти функции делегируются MES-системам, которые могут достаточно эффективно составлять и корректировать расписания, а также отслеживать их выполнение с достаточной оперативностью и точностью.

При формировании планов на этапе объемно-календарного планирования необходимо помнить, что в различных, с точки зрения серийности, производствах, планово-учетные единицы (ПУЕ) могут быть представлены с различной степенью детализации. Существует определенная связь ПУЕ с типом производства и принятой на предприятии системой формирования объемно-календарных планов (рис. 4).

Характеристики систем объемно-календарного планирования

принятая система планирования	планово-учетная единица	тип производства				
		массов.	кр.сер.	серийн.	мл.сер.	единич.
по такту потока	деталь	*				
нормативные сроки	партия ДСЕ	*	*			
складская	партия ДСЕ	*	*	*		
машинокомплектная	машинокомплект		*	*		
компл.-групповая	цикловой компл.			*	*	
компл.-узловая	компл. на узел				*	
позаказная	заказ на изделие				*	*

Рис. 4. Связь систем объемно-календарного планирования и ПУЕ с типом производства.

Учет этого фактора позволяет, в ряде случаев, привести задачу планирования для единичного и мелкосерийного производства к более легким задачам планирования серийного производства. Это осуществляется специальной операцией группирования ДСЕ и оборудования на следующем этапе.

Этап детализированного оперативно-календарного планирования включает в себя две основные задачи: расчет производственного расписания; (Production Scheduling); группирование деталей, сборочных единиц и оборудования (Group Technology).

ИрленРос

ПРЕДСТАВЛЯЕМ
ОБОРУДОВАНИЕ
ЕВРОПЕЙСКИХ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ



ФРЕЗЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГРУППЫ GORATU

Фрезерные станки с ЧПУ:

- станинного типа
- станки с неподвижным столом



Универсальные
фрезерные станки

ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ ЦЕНТРЫ KONDIA

4-х ОСЕВЫЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ
ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ ЦЕНТРЫ



5-ти ОСЕВЫЕ ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ
ЦЕНТРЫ



С-Петербург, т.: (812) 513 87 40, e-mail: irlen@irlenspb.ru
Москва, т.: (916) 109 32 50, e-mail: msk@irlenspb.ru
Н. Новгород, т.: (831) 413 88 58, e-mail: nn@irlenspb.ru
Екатеринбург, т.: (343) 219 30 62, e-mail: ekb@irlenspb.ru
www.irlenspb.ru

О принципах расчета производственных расписаний и применяемых при этом критериях оптимизации авторы уже рассказывали. Подробный разговор на эту тему еще предстоит.

Пока же отметим, что нередко задачи формирования деталь-ных оперативно-календарных планов существенно упрощаются, если применять упомянутую выше процедуру группирования.

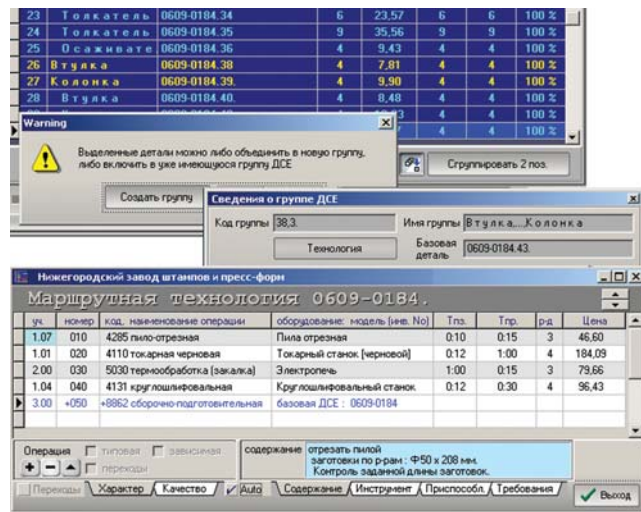


Рис. 5. Пример группирования ДСЕ перед расчетом производственного расписания.

Это процедура, с помощью которой формируется оптимальная маршрутная технология, являющаяся общей для однотипных деталей и групп взаимозаменяемых станков (станочных групп). Именно для таких объединенных групп в последующем и составляется расписание работ.

Составленное расписание с учетом сгруппированных ДСЕ во многих случаях оказывается весьма эффективным и, что очень важно, проще реализуемым на практике.

Рассмотренный метод децентрализованного планирования хотя и применяется в подавляющем большинстве случаев, но имеет свои существенные недостатки. Дело в том, что объемный план, особенно при высокой загрузке оборудования, не всегда выполним с точки зрения расписания его работы. На рис. 6. представлена диаграмма объемного плана несложной задачи. Как мы можем заметить, все работы вошли в пределы заданного горизонта планирования и коэффициент загрузки, как видно по плотности диаграммы, достаточно высок.

Но если мы попытаемся составить расписание на тех же данных, то оно уже не только не повторяет объемные расчеты, но, как правило, нередко является невыполнимым (рис. 7) в пределах того же горизонта планирования. Никакого парадокса в этом нет, поскольку все объемные задачи грешат одним существенным допущением – не учитывается условие предшествования операций, иначе – строгий порядок выполнения операций согласно логике технологического процесса.

Таким образом, рассмотренная схема децентрализованного планирования работоспособна, в основном, в двух случаях:

- когда планирование ведется для крупносерийного производства с частым повторением очередностей номенклатуры запуска и при небольшом разнообразии самой номенклатуры;
- при небольшой загрузке оборудования по фондам (до 50%).

А как же быть, если мы хотим одновременно и повысить загрузку оборудования и, в то же время, уже на верхнем уровне формирования планов иметь представление о их выполнимости и видеть более-менее точную картину во времени?

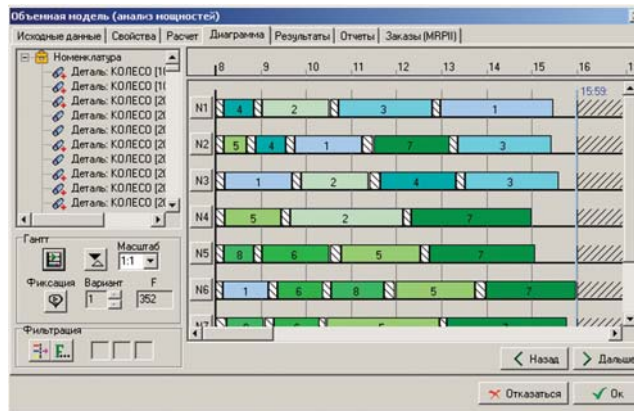


Рис. 6. Диаграмма объемного плана в системе PolyPlan.

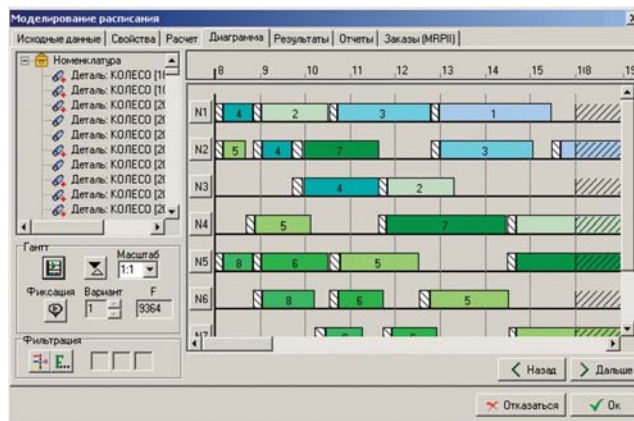


Рис. 7. Диаграмма реализации объемного плана в расписании в системе PolyPlan.

МЕТОД РЕКУРСИВНОГО ПОЛУЧЕНИЯ И ВЫПОЛНЕНИЯ ПЛАНА РАБОТ (ТРЕХЗВЕННАЯ АРХИТЕКТУРА)

Для решения поставленной задачи в последнее время выработано новое системное решение – метод рекурсивного получения и выполнения плана работ. Вместо функции и соответствующего этапа объемного планирования применяется иная схема – с использованием APS-систем, реализующих функции детализированного планирования. В работе уже подчеркивалось, что APS-системы не претендуют на высокую точность составления плана и не используют целый ряд важных критериев цехового характера. Но в данном случае этого и не нужно, так как перед предприятием стоит иная задача – в какие сроки оно сможет выпустить ту или иную продукцию с учетом сроков поставок всей производственной цепочки «Поставщики-Предприятие-Партнеры-Дистрибьюторы» (SCM – Supply Chain Management).

Имеющейся в планировщиках APS-систем точности вполне хватает, чтобы получить план работы всех цехов предприятия на определенный период времени, поскольку APS-системы, так же, как и MES-системы вводят, в свои модели условие предшествования операций и за его реальное выполнение отвечают уже MES-системы (рис. 8).

Таким образом, в данной схеме план строится рекурсивно. Сначала в ERP строится объемный план, на следующем этапе план вновь попадает в расчетную стадию, где с помощью APS-системы он формируется в виде детального расписания для всего предприятия, и на последнем «витке» план рассчитывается более детально для каждого цеха уже с помощью MES-систем.

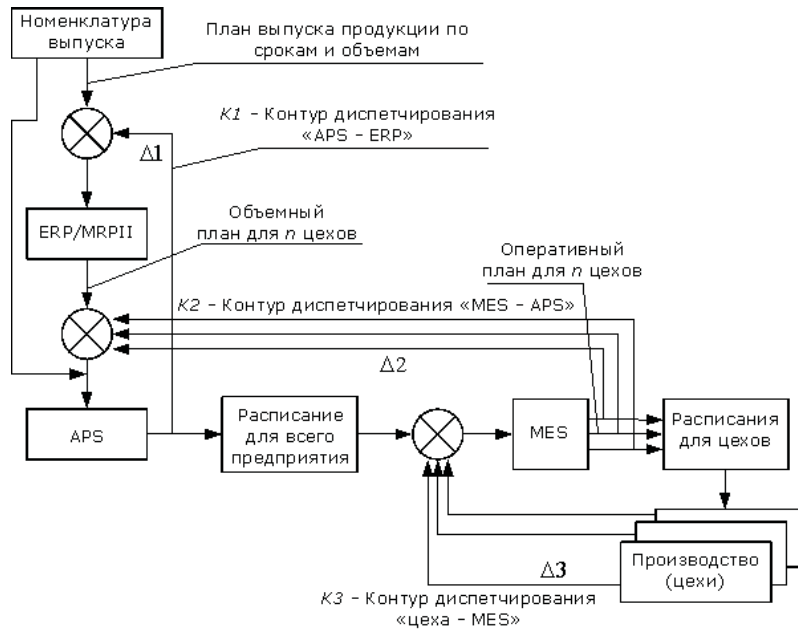


Рис. 8. Трехзвенная схема системы планирования на предприятии.

Такая схема, естественно, сложнее, так как требует интеграции трех различных типов систем управления – ERP, APS, MES. Но неоспоримым преимуществом данного подхода является то, что уже на верхнем уровне – уровне принятия решений, лица, принимающие решения, всегда могут достаточно точно сказать – когда ожидать выпуск того или иного заказа, какова истинная загрузка оборудования уже на проектной стадии. Точность таких планов на порядок выше, чем при использовании рассмотренной ранее децентрализованной схемы планирования.

В результате на каждое рабочее место формируется детализированное (с указанием сроков начала/окончания каждой операции) плановое задание, соответствующее оптимальному производственному расписанию выполняемых работ (рис. 9).

Наименование оборудования WKV-100 Координатно-расточной станок Лист 1 листов 4			
Ф.И.О. оператора, таб. №			
ПЛАНОВОЕ ЗАДАНИЕ НА РАБОЧЕЕ МЕСТО № 064/1			
№	срок выполнения операции (код партии)	Код, содержание технологической операции	
1	12:30 07.01.2008 - 14:00 07.01.2008 (200.0110-008) ШЗ-0004.007 Державка	Расточить отв.Ф8Н7/Ф14 х 6-0,1; 2-а отв.Ф8Н7 и 2-а отв. Ф9/Ф14 х 8 мм. с переустановом. по коорд. чертежа. Контроль исполнения.	
2	15:20 07.01.2008 - 07:50 08.01.2008 (200.0110а-006) ШЗ-0004.005 Державка	Расточить отв.Ф8Н7/Ф14 х 6-0,1; 2-а отв.Ф8Н7 и 2-а отв. Ф9/Ф14 х 8 мм. с переустановом. по коорд. чертежа. Контроль исполнения.	
3	07:50 08.01.2008 - 08:50 08.01.2008 (200.0110-013) ШЗ-0004.012 Траверса	сверлить и расточить по чертежу 2-а отв. Ф5Н7 х 10 по коорд. чертежа. Контроль исполнения.	
4	08:50 08.01.2008 - 11:50 08.01.2008 (200.0110-002) ШЗ-0004.001 Плита маятника	сверлить и расточить отверстия 2-а отв. Ф40Н7; 4-е отв.Ф10,8 под резьбу М12 и 3-и отв. Ф10 по коорд. чертежа. Снять фаски. Контроль исполнения.	
5	11:50 08.01.2008 - 14:20 08.01.2008 (100.370-016) 0609-0184.26 Направляющая	сверлить по координатам чертежа 3-и отв. Ф9/Ф15 х 8 и 2-а отв.Ф8Н7. Снять фаски. Контроль исполнения.	
6	14:30 08.01.2008 - 10:00 09.01.2008 (400.077-002) ШЗ-0006.001 Плита маятника	Расточить 2-а отв. Ф40Н7; 2-а отв.Ф18; 4-е отв.Ф14; 10-ть отв.Ф10,8 х 25 мм. под резьбы М12 по коорд. чертежа	
7	10:00 09.01.2008 - 12:30 09.01.2008 (200.0110-008) ШЗ-0004.020 Матрица	Задание выполнено на 0,20 % отв.Ф10Н7; отв.Ф12Н7 по коорд.	
8	12:30 09.01.2008 - 15:00 09.01.2008 (200.0110а-006) ШЗ-0004.019 Пуансон	Завершено операций - 1 На стадии обработки - 0 Осталось выполнить - 41	
9	15:00 09.01.2008 - 14:30 09.01.2008 (100.370-016) 0609-0184.19 Вставка	Выдано рабочих нарядов - 1 на общую сумму - 65,74 руб.	
10	14:30 10.01.2008 - 10:00 10.01.2008 (200.0110-008) ШЗ-0004.003 Плита маятника	отв.Ф12Н7 и 3-и отв. Ф10Н8 по коорд. чертежа.	
11	10:00 11.01.2008 - 14:30 11.01.2008 (200.0110-006) ШЗ-0004.003 Плита маятника	отв.Ф8Н7 х 10 мм; отв.Ф10Н8 х 55 мм.	

Рис. 9. Пример детализированного планового задания на рабочее место.

ИрленРос

ПРЕДСТАВЛЯЕМ
ОБОРУДОВАНИЕ
ЕВРОПЕЙСКИХ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ



ТЯЖЕЛЫЕ ТОКАРНЫЕ СТАНКИ
ЛОБОТОКАРНЫЕ СТАНКИ



Токарные станки фирмы
METOSA-PINACHO

Фирма PINACHO - крупнейший европейский производитель токарных станков, токарных станков с электронным управлением и системой ЧПУ. Все детали станков изготавливаются на собственном производстве в Испании, что позволяет гарантировать высокий уровень качества и невысокие цены выпускаемого оборудования



Ленточнопильные станки

- Консольные
- Двухстоечные
- Высокопроизводительные станки серии AWD



С-Петербург, т.: (812) 970 36 60, e-mail: irlen@irlenspb.ru
Москва, т.: (916) 109 32 50, e-mail: msk@irlenspb.ru
Н. Новгород, т.: (831) 413 88 58, e-mail: nn@irlenspb.ru
Екатеринбург, т.: (343) 219 30 62, e-mail: ekb@irlenspb.ru
www.irlenspb.ru

Принципиально важным является то обстоятельство, что сформированные в MES детальные оперативные производственные планы постоянно контролируются и в случае необходимости корректируются. Это обеспечивается за счет наличия в MES специального встроенного DPU-модуля: функций диспетчирования выполняемых работ.

ОСОБЕННОСТИ ДИСПЕТЧИРОВАНИЯ В MES-СИСТЕМАХ

Любой план только тогда может называться планом, если он выполнен в реальной ситуации. Как уже говорилось ранее, основой MES для дискретного производства являются два кита – модули ODS (оперативное/детальное планирование) и DPU (диспетчеризация производства).

Точность времени рождается в деталях – если каждая запланированная работа будет выполнена в срок, то и весь план работы большого предприятия тоже будет осуществим.

Очень часто возникает вопрос: зачем нужна минутная или секундная точность расписания, если масса субъективных факторов на отдельных рабочих местах может свести на нет результаты любого расчета?

Точностью составления расписания, с тех пор как человечество воздело вычислительные системы типа «Феликс-М», действовавших на основе механики, приводимой мускульной силой, в ранг раритетов, никого не удивит – даже разрядности обычного калькулятора вполне хватает, чтобы обеспечить точность составления расписания до секунды. Но как это выполнить?

Дело в том, что без обратной связи, без контура диспетчирования, действительно, ни одно расписание, как бы точно оно ни было построено, невыполнимо. ODS и DPU – это «инь» и «янь» точности выполнения всех запланированных процессов. Уберите ODS, и невозможно будет понять – что же надо изготавливать в тот или иной момент времени. Уберите DPU, и станет ясно, что ODS бесполезна уже после первой незапланированной остановки станка. Поэтому в MES-системах модули ODS и

DPU органично связаны между собой и представляют единую систему исполнения задуманного.

В MES-системах функция DPU реализована в виде специального модуля диспетчирования, с которым работает диспетчер. Задачей его является фиксация всех событий в производственной системе: моментов действительного окончания обработки партий деталей, отказов оборудования по различным причинам, любых опережений и запаздываний тех или иных процессов и т.п. (рис. 10, 11).

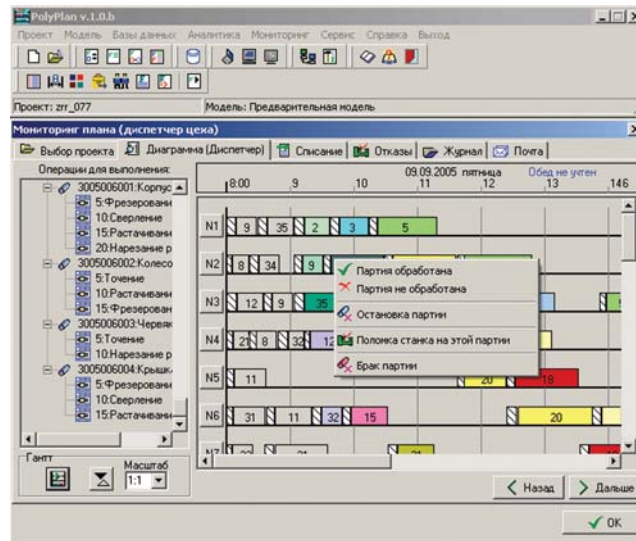


Рис. 11. Контур диспетчирования в MES-системе PolyPlan.

Все эти события вводятся диспетчером обычно вручную, по мере поступления к нему новой информации о состоянии производственных процессов в цехе.

Далее MES-система, с определенным интервалом времени, автоматически анализирует информацию, полученную с диспетчерских терминалов, и если фактическое состояние дел существенно расходится с плановым заданием (изменяются моменты окончания обработки партий деталей), то диспетчер оповещается системой о наличии данных расхождений. При этом диспетчеру предлагаются варианты таких решений:

- временной сдвиг моментов окончаний некоторых работ с последующим оповещением;
- пересчет расписаний (при существенных расхождениях плана с фактом);
- приостановка работы тех или иных рабочих центров (РЦ);
- изменение приоритетов запуска тех или иных партий деталей и т.п.

После принятия решения диспетчером, а это, чаще всего, либо временный сдвиг работ, либо пересчет расписания, скорректированное расписание, вновь вступает в работу с обязательным оповещением на те РЦ, которые затронули коррективы.

Возникают закономерные вопросы – какова оперативность внесения информации по ходу технологических процессов, кто и как будет оповещать диспетчера обо всех событиях, какое оборудование для этого нужно?

Оперативность внесения информации – «как только». Как только она появилась у диспетчера, он обязан ее внести. Потеря двух-трех и более минут при передаче информации с РЦ диспетчеру особого значения не имеет, поскольку процесс диспетчирования непрерывен и если в какой-то момент времени «пропало» несколько минут, они обязательно обнаружатся в следующий момент времени. MES-системы, как правило, через каждые пять минут автоматически сканируют входящую информацию о состоянии материальных потоков и станочной системы.

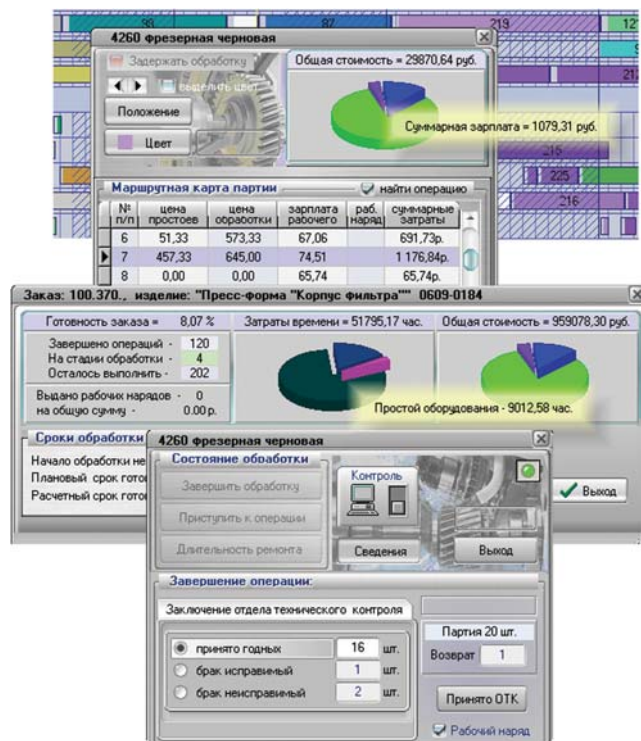


Рис. 10. Контур диспетчирования в MES-системе «ФОБОС».

Но это не означает, что каждые пять минут план будет пересматриваться, так как коррекции подлежит лишь существенное расхождение плана с его фактическим выполнением, что при нормальном протекании процессов маловероятно.

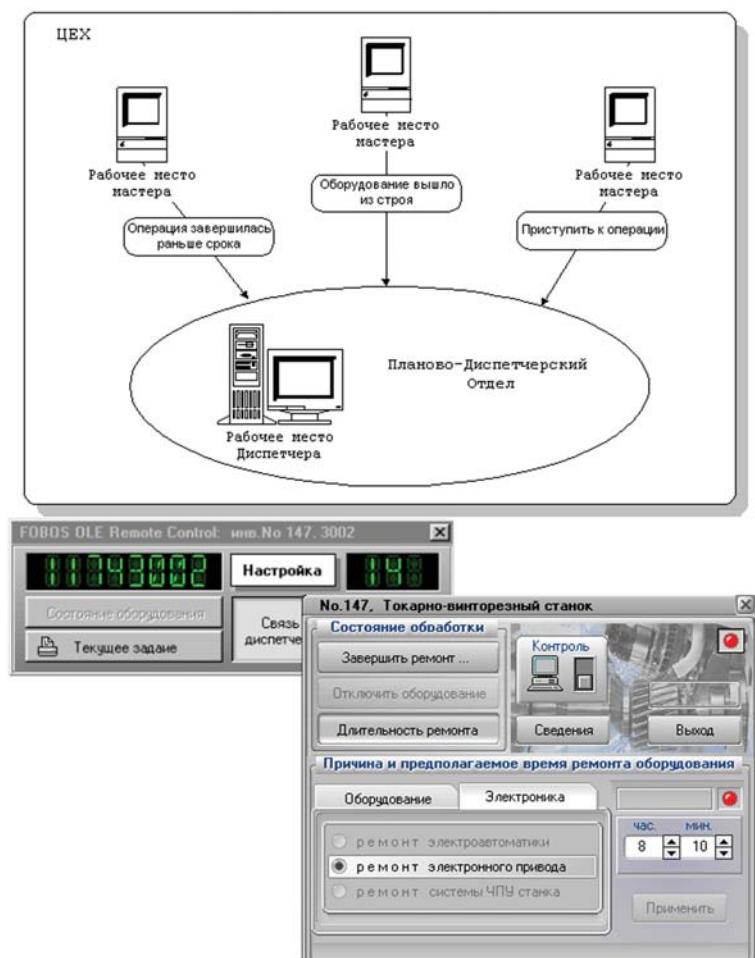


Рис. 12. Схема организации удаленного доступа к рабочему месту диспетчера. Клиентский интерфейс АРМ-мастера.

Процедура оповещения диспетчера о событиях может быть реализована различными способами – обходом РЦ, сообщениями от рабочих данных РЦ или контролеров, принявших партию обработанных деталей, как устно, так и с помощью средств автоматизации. Имеется специальный софт для удаленного доступа к рабочему месту диспетчера – АРМ мастера (рис.12).

Средства автоматизации при этом могут быть также самыми различными, начиная от сообщений по локальной сети и заканчивая обычной «кнопочной» сигнализацией. Главное – вовремя передать информацию, оповестить диспетчера.

Таким образом, в данной статье авторы показали существующие способы детализированного планирования, а также способы выполнения полученных планов. Насколько все это сложно внедрить, сколько все это стоит, как быстро ждать отдачу от инвестиций при построении таких систем на предприятии? Это уже другая тема.

Е.Б. Фролов,

докт.техн.наук, профессор Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», кафедра «Информационные технологии и вычислительные системы».

Р.Р. Загидуллин,

докт.техн.наук, профессор Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ), кафедра «Автоматизация технологических процессов».

Авторы были бы признательны читателям за вопросы, которые, на их взгляд, следует осветить в следующих статьях. Связаться с ними можно через редакцию журнала.

ИрленРос

ПРЕДСТАВЛЯЕМ ОБОРУДОВАНИЕ ЕВРОПЕЙСКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ



Листогибные прессы
серии HP, PHM, PHD

Высококачественное оборудование выпускается, в зависимости от модели, в комплектации от ручной настройки процесса гибки и хода заднего упора до полного CNC контроля всех параметров. Рабочая длина от 1,5 м до 6 м, усилие от 30 т до 600 т



Гидравлические прессы MECAMAQ

Прессы различного назначения и исполнения от 3 до 500 т. Отличительной особенностью является возможность удовлетворения пожеланий заказчика в выборе параметров оборудования: размеров стола, открытой высоты, хода, скорости и т.д..



Vanad

Автогенные и плазменные режущие машины с ЧПУ



С-Петербург, т.: (812) 970 36 60, e-mail: irlen@irlenspb.ru
Москва, т.: (916) 109 32 50, e-mail: msk@irlenspb.ru
Н. Новгород, т.: (831) 413 88 58, e-mail: nn@irlenspb.ru
Екатеринбург, т.: (343) 219 30 62, e-mail: ekb@irlenspb.ru
www.irlenspb.ru