

# ОПТИМИЗАЦИЯ

## Цифровая система управления приборным производством. Автоматизация планирования

Текст: **Станислав Гафт**  
**Олег Смагин**

”

Одной из особенностей радиоэлектронного производства с точки зрения организации бизнеса является высокая стоимость компонентов (как правило, около 70%) в структуре себестоимости выпускаемой продукции. Поэтому радиоэлектронное производство — это скрытая перепродажа компонентов. Именно поэтому вопросам планирования производства и организации закупок компонентов, комплектующих и материалов нужно уделять особое внимание.

«ВЕСНОЙ ПЫШНО ЦВЕТУТ ВИШНИ, А ИВЫ ПОКРЫВАЮТСЯ ЯРКОЙ ЗЕЛЕНЬЮ. ВЕСНА ПРОХОДИТ, А С НЕЙ ЗАКАНЧИВАЕТСЯ СПОР МЕЖДУ ДВУМЯ ДЕРЕВЬЯМИ. ЗАТЕМ НАСТУПАЕТ ЛЕТО. ОСЕНЬЮ ЛИСТЬЯ КЛЕНА КРАСНЕЮТ, СЛОВНО ОТ СТЫДА ЗА ТО, ЧТО СКОРО ОПАДУТ. ОНИ ШЕЛЕСТЯТ ПОД ОСЕННИМ ДОЖДЕМ, И К ЗИМЕ ИХ НЕ ОСТАЕТСЯ НИ ОДНОГО. И ТОГДА ПРОЯВЛЯЕТ СЕБЯ ВЕЧНЫЙ И НЕИЗМЕННЫЙ ЦВЕТ СОСНЫ. ТО ЖЕ ПРОИСХОДИТ И СРЕДИ ЛЮДЕЙ»

**СИНГЭН ТАКЭДА**

**В**озможно ли эффективное производство без эффективного управления? Представим картину производства: серьезный объем инвестиций, завод, построенный практически с нуля, просторные цеха заполнены передовым оборудованием. Высочайший уровень автоматизации производства. Все технологические процессы отлажены. Квалификация исполняющего персонала не вызывает ни малейших сомнений, а производственная дисциплина на высоте. Кажется, что такому предприятию обеспечены успех и завоевание рынка. Ничего подобного! Без четко очерченных целей и планов по их достижению производство парализовано. Каждому уровню управления соответствует своя задача **рис 1**.

Технология разработки плана производства является традиционной и может быть представлена следующей последовательностью действий. Сначала коммерческий директор представляет прогнозный план продаж на будущий год, из которого вырисовывается график поступления финансовых средств от клиентов. Если представленный прогноз поступления денег соответствует представлениям генерального директора, он, как правило, задаёт следующий вопрос: «Какие ресурсы нужны для реализации данного плана?». С учетом профессионального опыта коммерческого директора, выражающегося, как правило, в корректном подборе коэффициента «Проси больше, всё равно срежут», хорошем сочетании наглости, учёта настроения руководителя в данный момент времени и реальными потребностями,



вопрос с ресурсами для обеспечения продаж решается достаточно быстро. Любой руководитель понимает, что он является заложником правил бизнеса: если не давать требуемые ресурсы, то это весомый повод для срыва плана поступления денег. Поэтому директор, как правило, слабо сопротивлявшись, соглашается. Следующий на очереди — начальник производства. С ним разговор простой и конкретный: «Что тебе нужно для того, чтобы обеспечить план продаж?». Начальник производства, кроме оборотных средств на закупку компонентов, комплектующих и материалов, также попросит ресурсы на модернизацию оборудования, ремонт помещения, расширение штатов. Приведенное описание, возможно, несколько грубовато, но справедливо для большинства производственных предприятий.

**С учетом профессионального опыта коммерческого директора, выражающегося, как правило, в корректном подборе коэффициента «Проси больше, всё равно срежут», хорошем сочетании наглости, учёта настроения руководителя в данный момент времени и реальными потребностями, вопрос с ресурсами для обеспечения продаж решается достаточно быстро**

Дирекция	ЦЕЛЬ
Заводууправление	МАРШРУТ
Цеховой уровень	СРЕДСТВА

## Реализация задачи перспективного планирования

Давайте ещё раз сформулируем цели и задачи.

- Цель: разработать перспективный план производства на год.
- Разработанный план будет служить основой для разработки и первоочередного исполнения плана закупок компонентов, комплектующих и материалов. На план-графике производства показана очередь наряд-заказов с указанием наименования изделия, планируемой даты и времени начала и окончания их обработки.
- В соответствии с изменениями текущей ситуации в целом, на рынке или с конкретным заказчиком план производства может и должен модифицироваться. Процесс модификации плана производства в соответствии с динамикой реальной ситуации называется оперативным планированием. Пример: заказчик прислал письмо с изменением объёма заказа и/или даты его отгрузки, в связи с чем необходимо пересмотреть планы по срокам, объемам и очередности запуска партий.
- В соответствии с модификацией планов производства будет изменяться и план закупок.
- При оперативном управлении производством очередь наряд-заказов постоянно отслеживается по критерию возможности начала обработки следующего наряд-заказа (наличие компонентов, комплектующих и материалов на складе, готовность производства — окончание технологической подготовки; готовность конструкторской документации — окончание проведения всех изменений в соответствии с последними извещениями). При этом любая из указанных выше причин должна отложить запуск наряд-заказа и осуществить перестановку его в очереди.

Ничего принципиально нового: знакомая большинству руководителей нервная, кропотливая и объёмная работа. Традиционно результатом этого труда были десятки квадратных метров таблиц и графиков формата А1-А0, которыми завешивались стены рабочих кабинетов. Зачастую целые отделы занимались их регулярной перделкой, следя за изменением ситуации. При этом удобство пользования подобным планом весьма ограничено, информативность невелика, а возможности поиска информации, оперативного обновления и временного масштабирования, без которых управление современным радиоэлектронным производством представляется практически невозможным, отсутствуют по определению!

Стояла задача создать универсальную программу автоматизированного сбора, анализа и вывода информации, позволяющую производить перспективное планирование производства с учетом закладываемых параметров и выводить результат в числовом и графическом вариантах. А также снабдить данную программу



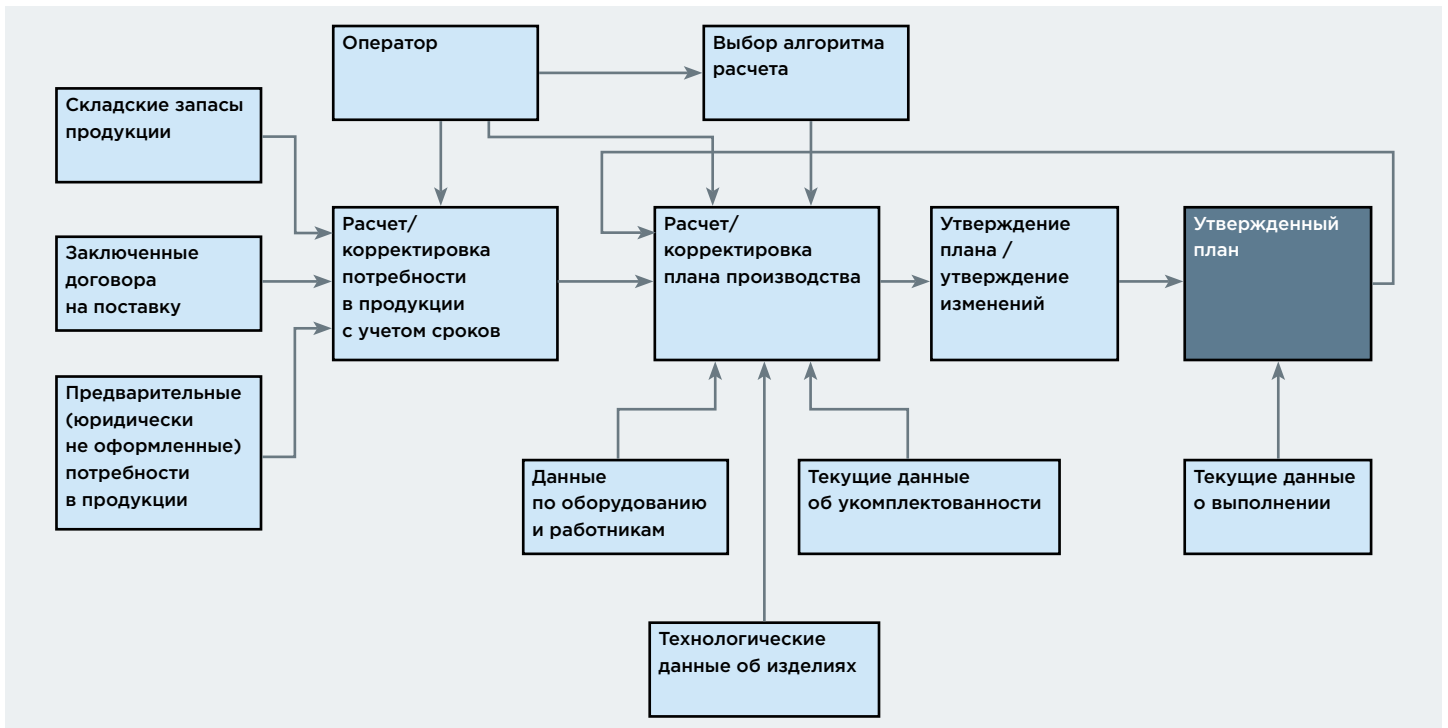
удобным, привычным и хорошо читаемым интерфейсом. Приложение получило рабочее название «Автопланировщик». Универсальность приложения выражается в возможности работы с различными программными продуктами, встречающимися на производствах — 1С, Excel и другие.

## Планирование производства

Последовательность действий рис 2 при разработке план-графика производства в процессе перспективного планирования следующий:

- *Сбор данных о планируемых заказах.* На этом этапе собирается вся информация о планируемых заказах с достоверностью, по крайней мере, на уровне прогнозов. Например, потребность на определённый период (обычно это следующий год) от заказчиков.
- *Обработка данных.* На этом этапе данные ранжируются по важности и/или срочности изготовления. Например, чаще всего нельзя ни при каких обстоятельствах перенести сроки изготовления приборов по ГОЗ, соответственно, наряд-заказам на изготовление этих приборов присваивается наивысший приоритет.
- *Определение срока готовности заказов.* Срок готовности — «окончания обработки» по этапам техпроцесса — наряд-заказов определяется как дата отгрузки со склада готовой продукции. При этом необходимо учесть некоторый временной запас, определяемый обычно как «время пролёживания готовой продукции» на складе. Этот период должен учитывать объективное время:
  - на оформление документов при передаче готовой продукции на склад из цеха;
  - выдачу её со склада готовой продукции заказчику.

Кроме того, опытный плановик включит допол-



2 Структурная схема работы приложения автоматического планирования

нительное время на компенсацию «непредвиденных» задержек. Нужно отметить, что при перспективном планировании наряд-заказы с наивысшим приоритетом планируются ретроспективно — «с конца» именно для обеспечения их готовности в установленный срок.

- **Разбиение на наряд-заказы.** Как правило, в договорах на поставку фигурирует объём поставки и дата отгрузки. Этих данных достаточно, чтобы сформировать наряд-заказ:
  - наименование изделия и его десятичный номер;
  - количество изделий;
  - дата отгрузки (со склада готовой продукции).

По этим данным можно рассчитать время, необходимое на обработку наряд-заказа **рис 3**. Для этого запускается специальная программа математического моделирования, использующая среднестатистические данные для серийной продукции (т.н. методика точного расчёта) или вычисляемые значения для новых изделий. Программа, расчетная математическая модель, настраивается:

- на конкретное производство, раздел «Конфигурация оборудования»;
- на конкретное изделие, раздел «Характеристики изделия»;
- на технологию изготовления данного изделия, раздел «Технологический процесс»;
- на наряд-заказ, раздел «Наряд-заказ».

Система также позволяет:

- разбивать партию на отдельные наряд-заказы. Используется для больших партий изделий;
- «склеивать» два наряд-заказа. Данный прием используется в процессе оптимизации, чтобы уменьшить суммарное для двух наряд-заказов подготовительно-заключительное время;
- вести «регулярный заказ». Например, ежемесячно в течение года (до 30 числа) со склада готовой продукции обеспечивать отгрузку 200 единиц продукции;
- поддерживать неснижаемый остаток на складе готовой продукции. То же самое, что и «регулярный заказ», но не по одному, а по номенклатуре (группе) изделий.
- **Разработка технологии.** При подготовке технологии с помощью программы моделирования можно использовать как уже существующие, предварительно разработанные типовые технологические процессы, так и разработки новых. Также может применяться методика использования существующего типового технологического процесса в качестве шаблона с последующей его модификацией.
- **Расчёт времени обработки заказа.** Расчёт времени обработки заказа выполняется программой математического моделирования при условии корректного ввода исходных данных. Результатом работы являются данные для размещения наряд-заказа во временном поле план-графика производства **рис 4**.

№	Наименование операции	Параметры	Время	Порядок
1	Комплектация	...	...	1
2	Переналадка	...	...	2
3	Сигнальный образец	...	...	3
4	Поверхностный монтаж и пайка	...	...	4
5	Ремонт 1	...	...	5
6	Монтаж в отверстия и пайка	...	...	6
7	Отмывка 1	...	...	7
8	Внутрисхемный контроль	...	...	8
9	Ремонт 2	...	...	9
10	Функц. контроль, регулировка	...	...	10
11	Ремонт 3	...	...	11
12	Отмывка 2	...	...	12
13	Селективная влагозащита	...	...	13
14	ОТК1	...	...	14
15	Ремонт 4	...	...	15
16	ОТК2	...	...	16

3 Ввод параметров изделий и техпроцесса

Отметим, что предлагаемый программный продукт выдаёт не просто усреднённые данные для ориентировочного вычисления загрузки оборудования и персонала, а «осмысленные» цифры, учитывающие такие параметры, как:

- время заполнения магазина;
- время межоперационного пролёживания;
- время ожидания и т.д.

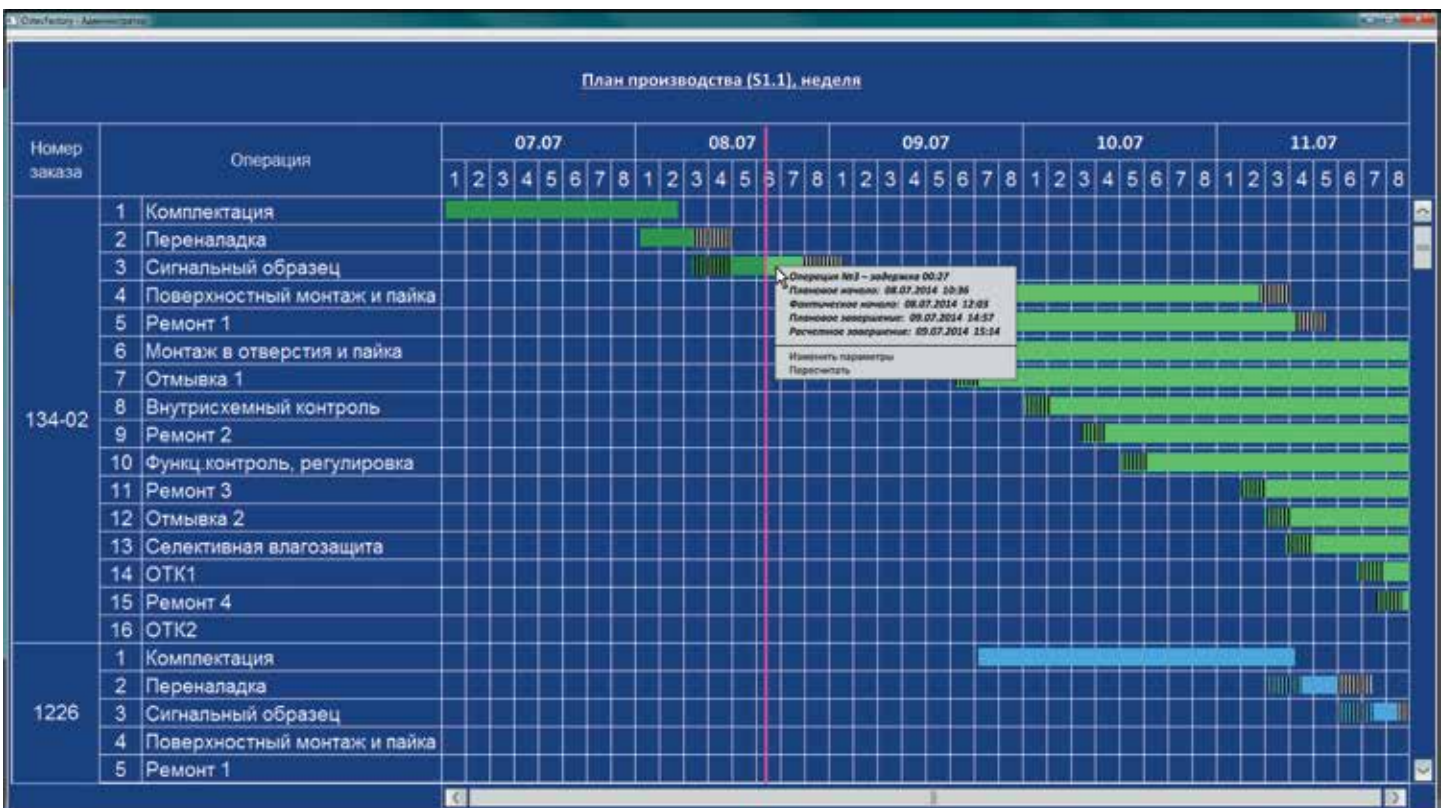
Предлагаемая технология максимально учитывает обоснованные расчётами (а для серийных изделий и подтверждённые практикой) временные интервалы и нормативы, необходимые для проведения основных

технологических и подготовительно-заключительных операций. А также позволяет провести оптимизацию процесса по критериям:

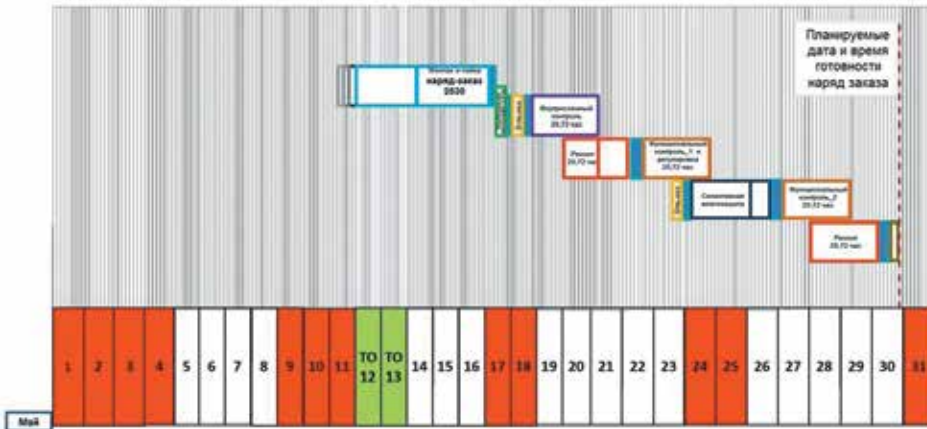
- загрузка оборудования;
- загрузка персонала;
- снижение непроизводительных простоев;
- оптимизация рабочего времени и т.д.

Система учитывает, что одновременно в цеху идёт обработка нескольких наряд-заказов. Что, с одной стороны, делает невозможным одновременное использование одного и того же основного технологического оборудования, определённого в разделе «Конфигурация оборудования», для обработки различных наряд-заказов. С другой стороны, учитывает возможность передачи на следующую технологическую операцию части наряд-заказа с точностью до заполненного магазина, не дожидаясь окончания обработки всей партии.

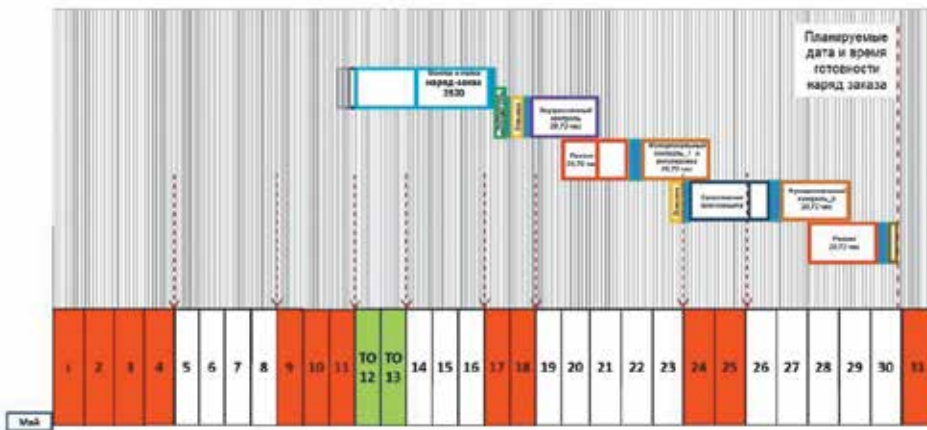
- *Размещение заказа во временном поле.* После окончания работы программы математического моделирования процесса обработки наряд-заказа, можно отобразить её на плане-графике рис 5.
- *Оптимизация размещения заказа во временном поле.* Отражённый на плане-графике процесс обработки наряд-заказа размещается при первом проходе (на первом этапе) во временном поле с минимальными ограничениями:
  - при непрерывном цикле работы (7 дней в неделю 24 часа в сутки);



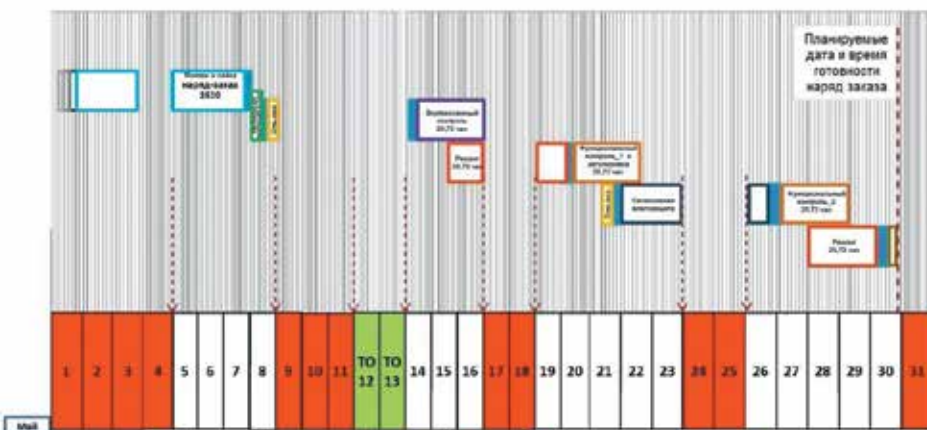
4 Мониторинг выполнения наряд заказов по операциям



5 План-график расчета времени выполнения заказа. 1 этап



6 План-график расчета времени выполнения заказа. 2 этап



7 План-график расчета времени выполнения заказа. 3-й этап



- без учёта выходных и праздничных дней;
- без учёта времени (в том числе и запланированного на проведение планового технического обслуживания).

Перед вторым проходом (в процессе оптимизации размещения наряд-заказа во временном поле) программа попросит подтверждения пользователя по следующим вопросам:

- сменность работы;
- продолжительность смены;
- возможность переноса сроков окончания обработки наряд-заказа.

Результат работы программы оптимизации размещения наряд-заказа во временном поле отражает ситуацию для односменной работы, 8-часового рабочего дня, 5-дневной рабочей недели и проведения планового технического обслуживания **рис 6**.

- *Групповая оптимизация размещения наряд-заказов во временном поле.* В процессе перспективного планирования, как правило, трудно добиться загрузки производства на оптимальную (70%) величину. Это связано с большой неопределённостью объёмов производства и сроков их исполнения. Но, не имея такого, казалось бы, весьма далёкого от реальности плана производства, работать ещё сложнее:

- невозможно планировать закупки комплектующих, компонентов и материалов;
- можно планировать только небольшое количество подтверждённых заказов, но их объём, как правило, не превышает 20...30% и предназначен, в основном, для обеспечения зарплатой рабочих и оплаты коммунальных платежей;
- невозможно планировать развитие производства:
  - непонятны «узкие места» в технологической цепочке;
  - непонятны количество и квалификация персонала, необходимого для обеспечения технологического процесса;
  - непонятно обеспечение требований к технологическим помещениям (поддержание необходимого технологическим процессом класса чистоты зависит, как известно, от количества и мощности основного технологического оборудования и количества персонала);
  - непонятно количество вспомогательных помещений (раздевалок, душевых, туалетов).

После окончания разработки перспективный план согласовывается всеми заинтересованными сторонами и утверждается генеральным директором. В дальнейшем он становится основой для разработки плана закупок компонентов, комплектующих и материалов и оперативного планирования **рис 7**.

## Оперативное планирование

Перспективный план производства подвергается модификации, как правило, в следующих случаях:

- заказчик прислал договор (заказ в рамках договора) с изменениями (по отношению к прогнозам/потребностям, по которым рассчитывался перспективный план);
- заказчик прислал новый договор на новую (серийную) продукцию;
- заказчик предложил к рассмотрению и постановке на производство новую (серийную) продукцию;
- коммерческий отдел предприятия нашёл нового заказчика с новой перспективной непрофильной продукцией. Необходимо проведение технологической подготовки производства и включение нового изделия в план;
- коммерческий отдел нашёл нового заказчика на контрактную сборку (дополнительная загрузка производства для отдельных цехов/участков).

Любой из указанных случаев может являться причиной для изменения перспективного плана. Для принятия решения об изменении плана производства генеральный директор должен получить обоснованные предложения по его модификации. Этот процесс (модификации перспективного плана производства в соответствии с изменяющимися реальными условиями) обеспечивает программа оперативного планирования. При этом каждый раз план может быть пересчитан, в том числе и с заданием локальных и/или глобальных критериев оптимизации:

- Сменность работы по всему предприятию в целом или по отдельному производственному участку. Чаще всего это необходимо при обнаружении системой «узкого места» или «бутылочного горла» в технологической цепочке.
- Возможность работы в выходные дни. Для всего предприятия в целом это редко бывает эффективно, но для отдельных технологических операций, например, селективной пайки и/или электротермотренировки, может оказаться весьма полезным.
- Перенос сроков проведения планового технического обслуживания (в том числе, с организацией работы во внеурочное время и/или выходные дни). Указанные мероприятия помогают повысить эффективность работы предприятия по таким критериям, как:
  - объём производства;
  - объём выработки;
  - коэффициент загрузки оборудования;
  - коэффициент загрузки персонала.

Стоит отметить важный момент: чем эффективнее работает процесс оперативного планирования, тем меньше изменений нужно будет вносить в оперативное управление

№ п. п.	№ п. п. заказа	Наименование изделия	Кол. шт.	Процесс обработки наряд-заказов																
				Начало				Окончание				Выполнение %								
				план	факт	план	факт	план	факт	план	факт									
дата	время	дата	время	дата	время	дата	время	дата	время											
1	2516	Контроллер	20	02.02.2013																
2	2520	Плата коммутационная	10	04.02.2013																
3	2521	Базовая станция	20																	
4	2522	Плата индикации	10	09.02.2013																
5	2523	Датчик движения	50																	

№ п. п.	№ п. п. заказа	Наименование изделия	Кол. шт.	Процесс обработки наряд-заказов																
				Начало				Окончание				Выполнение %								
				план	факт	план	факт	план	факт	план	факт									
дата	время	дата	время	дата	время	дата	время	дата	время											
1	2516	Контроллер	20	02.02.2013																
3	2521	Базовая станция	20																	
2	2520	Плата коммутационная	10	04.02.2013																
4	2522	Плата индикации	10	09.02.2013																
5	2523	Датчик движения	50																	

№ п. п.	№ п. п. заказа	Наименование изделия	Кол. шт.	Процесс обработки наряд-заказов									
				Начало				Окончание				Выполнение %	
				план	факт	план	факт	план	факт	план	факт		
дата	время	дата	время	дата	время	дата	время	дата	время				
1	2516	Контроллер	20	02.02.2013	08:00	02.02.2013	08:20	04.02.2013	12:00	04.02.2013	11:50	100	выполнен
3	2521	Базовая станция	20			04.02.2013	12:00	06.02.2013	16:00	06.02.2013	15:30	100	выполнен
5	2523	Датчик движения	50			08.02.2013	09:00	13.02.2013	17:00			35	
2	2520	Плата коммутационная	10	04.02.2013	12:00			06.02.2013	17:00				Отложен
4	2522	Плата индикации	10	09.02.2013	09:00								Отложен

8 Этапы формирования очереди наряд-заказов

очередью наряд-заказов. А, как известно, любые срочные изменения в плане производства:

- нарушают ритмичность работы предприятия;
- увеличивают непроизводительные простои;
- снижают качество и надёжность выпускаемой продукции;
- увеличивают дополнительные затраты.

### Оперативное управление очередью заказов

Решение о запуске очередного наряд-заказа можно доверить системе управления, точнее, задаче оперативного управления очередью заказов. Перед запуском необходимо проверить готовность производства, включая:

- конструкторскую документацию с учётом изменений, проведенных в соответствии с последними извещениями;
- комплектное завершение технологической подготовки производства, включая готовность:
  - технологической оснастки;
  - управляющих программ для всего участвующего в процессе обработки наряд-заказа автоматического технологического, контрольного, инспекционного и испытательного оборудования;
  - технологической документации.
- наличие на центральном заводском складе всех компонентов, комплектующих и материалов для исполнения наряд-заказа.

Система заблокирует запуск очередного наряд-заказа, например, за сутки (период предварительной готовности настраивается в разделе «Конфигурация оборудования»), если нет готовности хотя бы по одной из указанных позиций. При этом будет автоматически откорректирована очередь наряд-заказов **рис 8**.

### Заключение

Одним из главных преимуществ данных приложений является высокий уровень адаптивности и совместимости с большинством существующих систем учета. Даже если на вашем предприятии нет полной системы цифрового управления, разработанной Группой компаний Остек, данное приложение может быть установлено на персональный компьютер директора или начальника ПЭО и работать, опираясь на данные существующего учета.

Использование программного обеспечения автоматического планирования позволит:

- наладить ритмичную работу предприятия;
- обеспечить запланированный уровень качества и надёжности выпускаемой продукции;
- сократить непроизводительные издержки;
- снизить себестоимости выпускаемой продукции;
- увеличить прибыль.

Программа не является панацеей, она не может и не призвана исключить человека из процесса управления производством. Как появление удобных устройств и программ спутниковой навигации не уничтожило институт штурманов, так и «Автопланировщик» не заменит работу отдела планирования. Это инструмент, позволяющий сделать планирование более быстрым, точным, качественным, в большем объеме и с меньшими затратами. Поэтому иллюстрацией к заключению статьи прекрасно подойдет фраза Адриано Челентано из к/ф «Укрощение строптивого»:

- Нет, мне нужна другая машина.
- Какая же?
- Электронный калькулятор. Он будет работать за троих бухгалтеров и в три раза быстрее. ☑