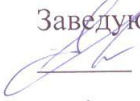


Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
Кафедра «Систем автоматики, автоматизированного управления и
проектирования»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

 С.В. Ченцов

«19» 06 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

**ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ
APS – СИСТЕМ**

Руководитель



«15» 06 2017 г.

доцент, канд. техн. наук
Е.Е. Носкова

Выпускник



«15» 06 2017 г.

А.А. Егоршин

Нормоконтролер



«15» 06 2017 г.

Т.А. Грудинова

Красноярск 2017

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Производственное планирование на основе APS-систем» содержит 68 страниц текстового документа, 32 рисунка, 17 использованных источников, 1 приложение.

APS–СИСТЕМА, ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ, КРИТЕРИИ ОПТИМАЛЬНОСТИ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ РАСПИСАНИЕ, МЕТОДИКА APS-ПЛАНИРОВАНИЯ.

Целью данной выпускной квалификационной работы является апробация методики производственного APS-планирования.

Задачи ВКР:

- 1 Изучение потенциала современных APS-систем;
- 2 Постановка задачи APS-планирования;
- 3 Разработка методики применения APS-систем для задач планирования.

В результате данной ВКР разработана методика информационного сопровождения процесса производственного планирования на базе APS-системы при формировании и изменении портфеля заказов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 APS - системы как инструмент планирования.....	6
1.1 Цель и место APS – систем в едином информационном пространстве предприятия.....	6
1.2 Назначение APS – систем.....	10
1.3 Взаимодействие APS-систем с ERP-, MES- и SCADA- системами	15
1.4 Алгоритмы APS-планирования.....	18
2 APS - система Preactor.....	23
2.1 Современные системы синхронного планирования.....	23
2.2 Система синхронного планирования Preactor.....	25
2.3 Функциональные возможности системы Preactor	29
2.4 Планировщик Preactor	32
2.5 Применение APS - системы Preactor.....	34
3 Формирование производственных расписаний.....	37
3.1 Организация данных в системе Preactor.....	37
3.2 Постановка задачи планирования	39
3.2 Ввод данных в Preactor	40
3.2.1 Разделение ресурсов на группы	43
3.3.3 Добавление продукции и маршрутных карт.....	44
3.2 Составление производственных расписаний.....	47
3.4.1 Прямое планирование.....	49
3.4.2 Двухнаправленное планирование	53
3.4.3 Добавление новых заказов.....	56
3.4.4 Модификация календаря.....	57
3.4.5 Определение критерия оптимальности	59
3.5 Составление отчетов.....	61
Заключение	64
Список сокращений	66

Список использованных источников	67
Приложение А	69

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос составления производственных расписаний является основным для успешной работы современных производственных предприятий. Составление детализированного расписания работы всего парка оборудования на длительный период выполняется системами класса APS.

APS - системы предназначены для выполнения укрупнённых директив со стороны ERP-систем на цеховом уровне для предприятия в целом, оперирует такими доступными сведениями: какие производственные единицы есть в наличии, каковы их временная загрузка и производительность. В качестве ресурсов выступают станки, операторы оборудования, инструментальные средства и все, что, так или иначе, накладывает ограничения на процесс производства. Выполнение операций планируется только тогда, когда соответствующие ресурсы свободны.

Таким образом, включение в состав информационной структуры производственного предприятия систем класса APS на современном этапе является актуальной задачей. Особенно актуальным это является для предприятий с дискретным типом производства, которые с целью сохранения конкурентоспособности должны иметь широкий номенклатурный ряд выпускаемой продукции.

Целью данной выпускной квалификационной работы является апробация методики производственного APS-планирования.

Задачи ВКР:

- 1 Изучение потенциала современных APS-систем;
- 2 Постановка задачи APS-планирования;
- 3 Разработка методики применения APS-систем для задач планирования.

1 APS - системы как инструмент планирования

1.1 Цель и место APS – систем в едином информационном пространстве предприятия

Имеющаяся на предприятии информация хранится в разных информационных системах и на разных носителях: как электронных, так и бумажных. Весь объем этой информации образует информационное пространство предприятия. Термин "единое информационное пространство" используется для обозначения такого порядка представления, хранения информации и доступа к ней, при котором любые сведения, имеющиеся на предприятии, могут быть получены по запросу в различных средах и сочетаниях[1].

Развитие методов и средств управления производственными системами привело к появлению систем нового поколения, получивших название «продвинутых систем управления» (Advanced Planning and Scheduling System — APS).

Возникновение APS-систем связано с фундаментальными изменениями тех концепций управления, на которых строятся современные системы класса ERP. Многие из этих концепций входят в противоречие с современными динамичными требованиями бизнеса и задачами повышения конкурентоспособности компаний. Заказчики продукции требуют, как можно более короткий цикл выполнения заказов в сочетании с высокой точностью соблюдения сроков. Часто эти требования измеряются уже не днями или неделями, а часами и минутами. Кроме того, все отчетливее проявляется такое требование к системам управления, как сочетание массового характера производства с индивидуальным исполнением изделий (mass customization).

Можно выделить следующие направления, в которых совершается переход от ERP к APS:

- повышение степени детализации при планировании мощностей, что позволяет принимать более обоснованные плановые решения;
- новые информационные технологии, позволяющие одновременно повысить степень детализации и решать в реальном времени задачи анализа и моделирования;
- в системы специальных средств, которые приспособлены к работе высшего звена управления;
- рассмотрение задач с одновременными ограничениями на доступные материальные ресурсы и мощности;
- формирование плановых решений одновременно для многих заводов;
- улучшение обратной связи в виде задач учета фактического состояния процессов за счет повышения точности и оперативности;
- широкое применение методов оптимизации плановых решений;
- динамический подход к ведению информации о производственных циклах[2].

APS-системы ставят своей целью осуществление планирования во всей логистической цепи с использованием последних достижений в области информационных технологий. «Расширенное планирование» в этой связи может быть интерпретировано в качестве новой логики планирования, при помощи которой можно преодолеть недостатки традиционных систем планирования и управления производственным предприятием APS-системы могут использоваться в качестве дополнения к традиционным транзакционным ERP-системам, выступая при этом в роли самостоятельных систем планирования, которые способны устранить недостатки традиционных систем[3].

Основной целью для систем планирования нового поколения – APS являлось решение задач автоматизации управления цепочками поставок (SCM – Supply Chain Management). Причем этот функционал APS, реализуемый за счет возможности планирования всех работ во времени с учетом загрузки мощностей, имеет двойное назначение – он реализуется, как для предприятия,

выступающего объектом всей цепочки на динамичном рынке товаров, так и для объектов самого предприятия: цехов, участков и подразделений. Таким образом, возможности планирования в APS расширены и усовершенствованы относительно стандарта MRP II.

Понятие синхронности нужно понимать в APS, с одной стороны, как возможность планирования материалов, ресурсов и одновременно построение расписания с учетом реальной загрузки оборудования во времени. С другой стороны, синхронность выражается еще и в том, что расписания строятся для всех подразделений предприятия с учетом сроков поставок партнеров и расписания для всех этих производственных структур являются всегда взаимоувязанными во времени, поскольку они получаются из общего расписания работы всего предприятия.

Оперативность для APS – это возможность за кратчайшее время определить по тому или иному заказу срок его изготовления. Оперативность в плане диспетчерского контроля и оперативного пересчета расписаний к APS, как правило, никакого отношения не имеет, поскольку, если не меняются внешние ограничения (нарушение сроков поставок со стороны партнеров, другие непредвиденные задержки) и в портфель заказов каждые пять минут не вносится новое изделие, то пересчет расписаний ничего не даст. Учет же внутренних возмущений со стороны многочисленных подразделений (поломки оборудования, брак на операциях и т.п.) может привести к существенному утяжелению контура диспетчерирования при существующей размерности задачи[4].

APS - система позволяет организовать параллельную работу в едином информационном пространстве различных подразделений предприятия: производственных, планово-экономических, конструкторских и технологических.

Сведения об изделии и процессе его производства (состав, чертежи, технологии изготовления, оснастка, потребности и другие), собранные в единой информационной базе, позволяют руководителям предприятия и структурных

подразделений оперативно получать текущую информацию в различных срезах для принятия управленческих решений.

На рисунке 1.1 показано место APS-системы в структуре производственной системы с точки зрения этапов ЖЦП. Структура состоит из четырёх уровней. Первый уровень — ЖЦП. Второй уровень представляет собой функциональные подразделения, непосредственно поддерживающие ЖЦП. Это такие подразделения предприятия, как отдел маркетинга, отдел главного конструктора (ОГК), отдел главного технолога (ОГТ), отдел материально-технического снабжения (ОМТС), потребители, планово-диспетчерский отдел (ПДО), цехи, отдел технического контроля (ОТК), испытательные лаборатории (ИЛ), складская служба (СС), отдел сбыта, служба технической поддержки (СТП).

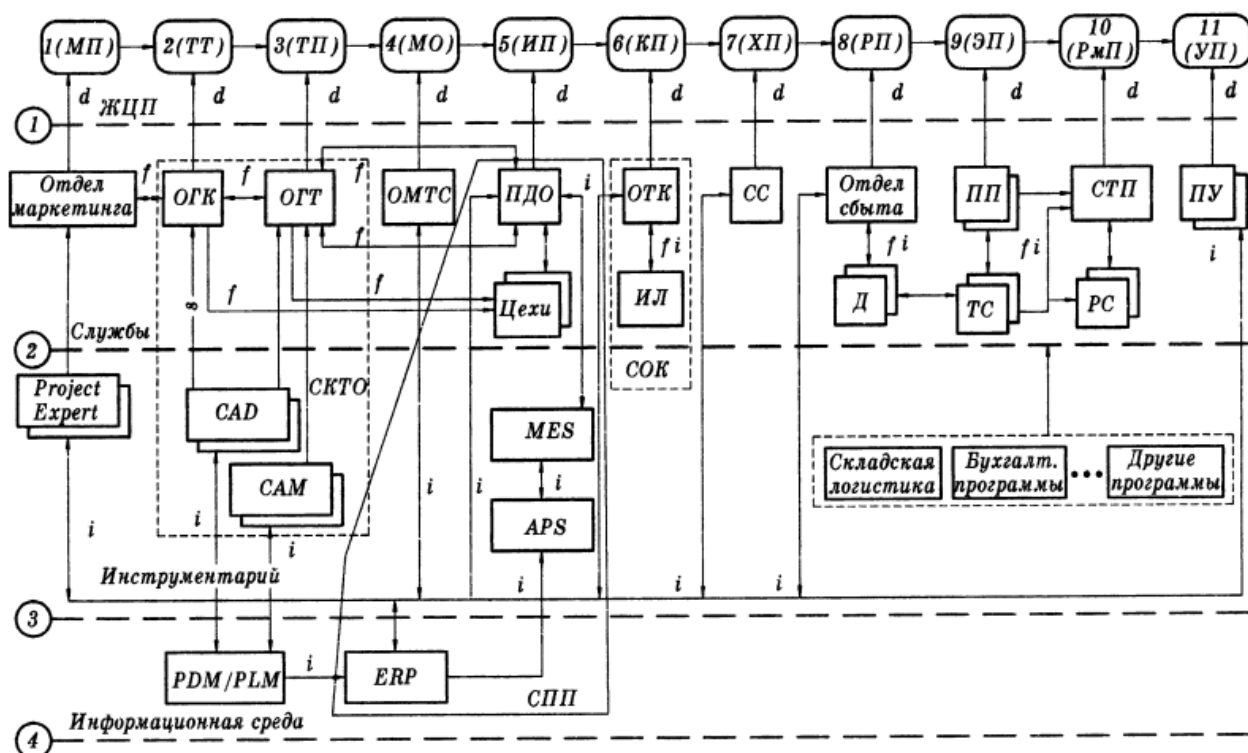


Рисунок 1.1- Структура производственной системы с точки зрения этапов ЖЦП

Кроме того, в структуре отражены также не относящиеся к предприятию субъекты: дистрибьюторы (Д), предприятия торговой сети (ТС), конечные

пользователи продукции (ПП) и предприятия, занимающиеся утилизацией продукции (УП).

Между элементами системы имеются связи различных типов — директивные (d), которые указывают на непосредственное отношение тех или иных служб к этапам ЖЦП, функциональные (f), которые оговаривают возможность согласования решений между службами, и информационные (i), которые показывают наличие тех или иных информационных потоков между элементами системы.

Третий уровень производственной системы — это уровень инструментальных средств, обеспечивающих принятие решений.

Четвёртый уровень — это уровень информационного содержания об объектах и процессах в производственной системе.

Совокупность тех или иных подразделений предприятия, оснащённых соответствующими техническими и программными средствами, могут образовывать различные функциональные подсистемы, например, систему конструкторско-технологического обеспечения (СКТО), систему обеспечения качества (СОК), систему планирования производства (СПП) и др[5].

1.2 Назначение APS – систем

APS-системы представляют собой модульные информационные системы для интегрированной поддержки процессов межпроизводственного планирования и управления. Как правило, APS-системы получают данные из ERP-системы, и поэтому применяются совместно с ней. Содержащиеся в ERP-системе основные данные и данные планирования, времени пополнения запасов, информация о производственных мощностях являются отправным пунктом для того, чтобы осуществлять комплексный процесс планирования в цепи поставок. APS-системы не заменяют ERP-системы, а дополняют их функциональность в области оптимизации производственных процессов. Интегрируя данные из ERP- системы, APS-системы фактически образуют

новый уровень планирования производства. Общая модульная структура систем класса APS представлена на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Общая модульная структура систем класса APS

Разделение на модули в APS-системах различных производителей не является идентичным. Кроме того, разделение на модули APS-систем одного производителя также зачастую является функционально перекрывающимся, то есть могут существовать конкурирующие модули для решения одной и той же задачи.

В целом можно выделить три основные группы модулей APS-систем: стратегическое конфигурирование цепи поставок (Supply Chain Configuration), тактико-оперативное планирование цепи поставок (Supply Chain Planning) и оперативное управление цепью поставок (Supply Chain Execution).

Целью APS-модулей на стратегическом уровне является семантическое планирование цепи поставок. На основе конфигурирования цепи поставок происходит определение программ производства и сбыта, спектра сырья, материалов и полуфабрикатов, мест закупки, производства и дистрибуции, структуры поставок и распределения, а также необходимых производственных, складских и транспортных мощностей на среднесрочный горизонт планирования. Для создания модели сети модули APS-системы снабжены графическим интерфейсом. Так как существуют многочисленные взаимосвязи

между модулями стратегического конфигурирования и модулями оперативного управления (в частности, при реализации функции мониторинга), модули конфигурирования и мониторинга, как правило, продаются совместно как отдельный пакет (например, Supply Chain Cockpit фирмы SAP).

К модулям группы тактико-оперативного планирования относятся:

1 Модуль планирования спроса. В нем используются различные статистические методы прогнозирования. Наряду с функциями прогнозирования, существует возможность имитационного моделирования в виде анализа «Что будет, если...?», а также функция расчета страховых запасов. Учитывая большой объем разнородных данных, для эффективного планирования спроса необходимо применение технологии Data Ware House как дополнительной базисной системы.

2 Модуль планирования производственной программы (Master Planning) предназначен для синхронизации материальных потоков в цепи поставок и повышения эффективности использования всех ресурсов на стадиях производства, поставок и распределения продукции. Этот модуль работает с данными на достаточно высоком уровне абстрагирования, как правило, детально учитываются только ресурсы потенциальных «узких мест».

Результатом модели являются агрегированные планы производства и дистрибьюции для всех участников цепи поставок. Эти планы передаются на ERP-системы участников цепи поставок, где происходит их оперативное уточнение. Результат уточненного планирования снова передается в модуль APS-системы.

С помощью модуля проверки доступности материалов (Available To Promise - ATP) генерируется подтверждение сроков поставки. При этом проверяется, может ли быть выполнен конкретный заказ. Это происходит на основе сравнения объема заказа с доступными запасами или с предусмотренными производственной программой объемами производства. Происходит проверка как относительно конечного продукта, так и всех соответствующих полуфабрикатов, материалов и исходного сырья.

Проверяется не только доступность материалов, но и мощностей. Эта пересекающаяся с производственным планированием функция получила название «Capable To Promise - СТР». На основе синхронизации проверки доступности с объемами закупок, полученными в результате планирования производственной программы, происходит существенное сокращение времени выполнения заказов. В случае невозможности выполнения заказа в соответствии с требованием клиента по одному или нескольким критериям (срокам поставки, объемам поставки и т. д.), APS-система производит поиск «узкого места» в цепи поставок. Если устранение этого «узкого места» невозможно, система предлагает альтернативные варианты выполнения заказа клиента (например, сдвиг срока поставок, повышение стоимости выполнения работ и т. д.).

Модуль точного планирования производства предназначен для расчета уточненных планов на цеховом уровне. В качестве основных моделей используются модели расчета оптимальной величины партии, оптимального выбора производственного маршрута, а также различные правила приоритетов.

Алгоритмы планирования основаны на различных эвристиках, в частности - генетических алгоритмах. Результаты точного планирования представляются в наглядной форме в виде диаграммы Ганта. Модуль планирования дистрибьюции предназначен для синхронизации спроса и доступных запасов. Планирование дистрибьюции основано на линейных моделях, которые ориентированы на минимизацию транспорта и складских затрат. Основные решения, принимаемые в данном модуле, состоят в определении объемов и мест складирования и транспортировки. При этом следует отметить значительное пересечение функции этого модуля с функцией модуля планирования производственной программы. Важной функцией модуля планирования дистрибьюции является поддержка концепции Vendor Managed Inventory. С точки зрения поставщиков логистических услуг, этот модуль также интересен наличием оптимизационных алгоритмов планирования маршрутов.

Модули оперативного управления предназначены для реализации функций мониторинга и выполнения оперативных транзакций. Как уже отмечалось выше, модули оперативного управления тесно связаны с модулями стратегического управления. Менеджер может получить в любой момент времени актуальную информацию о ходе выполнения процессов и сравнить соответствующие фактические параметры с плановыми, в т. ч. в графическом интерфейсе.

Функциональное содержание APS-систем для управления цепями поставок должно быть направлено на то, чтобы следовать динамике развития рынка и поддерживать возможные функциональные и структурные изменения в логистической сети.

Для этого необходима реализация следующих основных функций:

- планирование в режиме реального времени;
- обеспечение информационной открытости (визуализации) в цепи поставок.

При помощи систем класса APS существует возможность нахождения причинно-следственных связей возникающих отклонений от плана и внесения оперативных изменений в существующих планах. APS- системы обеспечивают высокую скорость внесения соответствующих изменений непосредственно в систему управления, что позволяет ускорить обработку запросов и заказов клиентов. Внезапно возникающие отклонения в цепи поставок, такие как выход из строя машин, выполнение заказов исходя из приоритетности некоторых заказов, проблемы с невыходом на работу, не поступающим вовремя материалом, и т. д. включаются в процесс планирования. Исходя из обнаруженных «узких мест» делаются соответствующие выводы и корректировки в планах цепи поставок. APS-системы обеспечивают возможность прогнозирования рыночных изменений посредством визуализации и информационной открытости в цепи поставок, а также возможности быстрого реагирования на возникающие изменения.

При рассмотрении ситуации на рынке существующих APS-систем можно сделать вывод о том, что рынок является очень разнородным. Он претерпел такие быстрые изменения, что в настоящий момент уже наблюдаются многочисленные случаи слияний, поглощений и случаев стратегического партнерства. Изменения на рынке стали следствием, с одной стороны, многоплановостью задач, которые связаны с развитием систем класса APS, а с другой стороны, следствием истории развития современных фирм-производителей систем.

Существующие на рынке APS-системы, как правило, состоят из нескольких компонентов, которые поддерживают различные задачи управления и предлагают различный набор функций, которые раскрываются с различной степенью качества и детализации. При этом возникает проблема: как сравнить разнородные по своему функциональному исполнению решения различных компаний-разработчиков.

Решение этой проблемы может стать появление стандартизированной, независимой от производителя референтной модели для широкого круга задач управления APS-системы.

APS-системы применяются главным образом в серийном и мелкосерийном производстве с большим количеством вариантов продукции. Существуют специальные решения для торговых компаний, логистических компаний и предприятий сферы услуг[6].

1.3 Взаимодействие APS-систем с ERP-, MES- и SCADA- системами

В случае централизованного планирования одна система, 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 APS-системы обладают ограниченными возможностями при построении таких расписаний.

Во-первых, расписания строятся не только для конкретных единиц технологического оборудования – обрабатывающих центров (ОЦ), за эти расписания охватывают все цеховые службы, отвечающие за данный ОЦ. И если в том или ином цеху 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.

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. В теории управления большими системами такое положение вещей не всегда является осуществимым и в целях упрощения процесса управления и планирования используются принципы децентрализации.

На рисунке 1.3 представлена схема процедуры производственного планирования в системе управления децентрализованного типа, включающая ERP, APS, MES и SCADA.

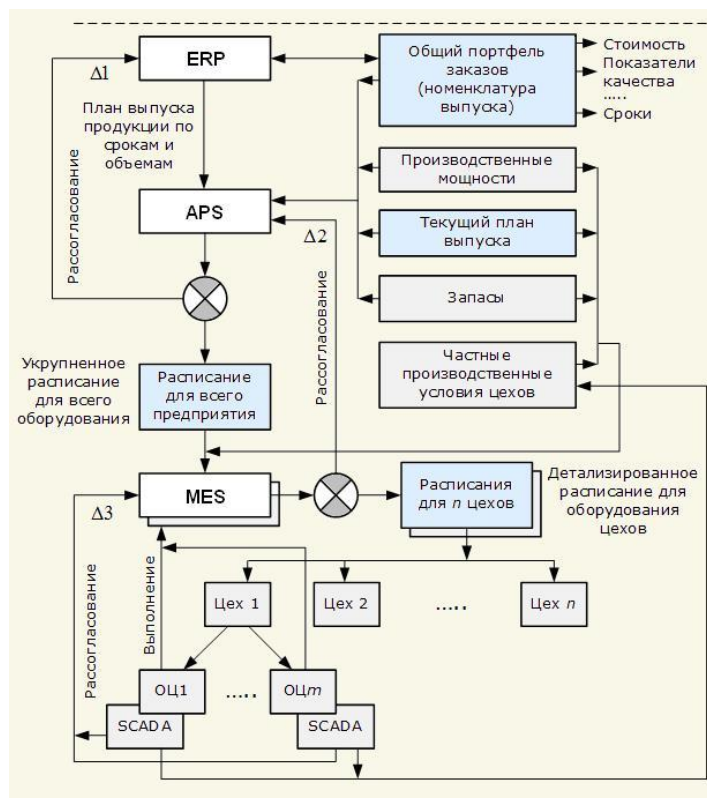


Рисунок 1.3 - Децентрализованная система производственного планирования

Из приведенной схемы видно, что система планирования производственных процессов на предприятии может быть организована за счет системной организации трехконтурной распределенной архитектуры – ERP-APS, APS-MES, MES-SCADA с обратной связью и соответствующих параметров рассогласования для каждого уровня – $\Delta 1$, $\Delta 2$ и $\Delta 3$, на основании которых верхний уровень принимает решения о корректировке плановых директив для нижнего уровня. Так, например, рассогласования, поступающие со SCADA-систем, заставляют MES-систему в ряде случаев пересчитывать расписания. Рассогласования, поступающие с MES-систем, заставляют APS-системы либо уменьшить нагрузку на цеха (в случае невыполнения заказов в указанные сроки), либо пересчитать директивные сроки, рассогласования, поступающие с

APS-системы, заставляют отказаться 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.

Для эффективного решения в APS-системе необходимо высокое качество входных данных относительно целей, описания проблемы, ограничений и т. д. В большинстве случаев высокое качество подобных данных могут обеспечить только высококвалифицированные специалисты. Но даже им требуется специальное обучение по работе в APS-системе. Это неизбежно приводит к организационным изменениям на предприятии.

Наряду с развитой функциональностью в области планирования цепи поставок, APS-системы характеризуются относительно слабой поддержкой процессов оперативного управления. Оптимизация процессов осуществляется по следующей схеме: на каждом этапе мониторинга сравниваются фактические параметры выполнения процессов с целевыми, далее оцениваются отклонения и предлагаются меры по их устранению, которые сообщаются участникам цепи поставок. В большинстве случаев подобный цикл является медленным и не позволяет в должной степени учесть оперативные колебания спроса, доступности материалов, доступных мощностей, времени производственного цикла, объемов производства и брака и т.д.[7].

1.4 Алгоритмы APS-планирования

Алгоритм построения расписаний в системах APS, в силу большого количества назначаемых операций и обрабатывающих центров (ОЦ),

достаточно прост. Есть множество операций для всего множества выпускаемых изделий, множество РЦ, на каждые изделия есть ограничения — по срокам выпуска, по наличию материала и т.п. Ограничения разделяются на важные и не очень. Вначале, на первом проходе алгоритма составляется расписание с учетом выполнимости важных ограничений, например, отсутствие нарушений сроков поставок. Если расписание получено, то оно считается допустимым и принимается в качестве базового для дальнейшего улучшения — на последующих проходах алгоритма проводится попытка учесть оставшиеся менее важные ограничения. Это не оптимизация, а не что иное, как итерационный процесс получения допустимого расписания с учетом новых ограничений, вносимых на новой итерации, т.е. весьма несложная эвристика. В ряде случаев процесс планирования упрощают еще сильнее — сначала планируют одну деталь, потом другую, до тех пор, пока все множество деталей не будет спланировано. Оценка полученных расписаний относительно действительного оптимума при этом может быть достаточно низкой, но надо отметить, что если мы составляем расписание для нескольких тысяч единиц оборудования из сотен тысяч операций на месяц или полгода, то с этим фактом можно смириться, особенно если учесть, что на последующем этапе за расписания будут отвечать MES-системы.

Таким образом, упростив алгоритм построения расписания, разработчики систем APS дали возможность в пределах существующих вычислительных мощностей получать допустимые расписания и более-менее точно прогнозировать сроки поставок. При этом APS-системы не ставят перед собой более сложных задач вроде минимизации в построенных расписаниях времен переналадок, транспортных операций, уменьшения количества задействованного оборудования и т.п., поскольку учет этих требований неминуемо приведет к утяжелению алгоритмов и невозможности за кратчайшее время получать расписания для больших размерностей. В связи с этим APS-системы имеют на своем вооружении крайне ограниченный состав критериев планирования. Надо отметить, что и эта существующая возможность получения

хотя бы допустимых расписаний (в пределах получаса) не зря появилась в середине 90-х годов. Увеличение производительности вычислительных машин с одновременным снижением их стоимости, в очередной раз, явилось катализатором прогресса в области управления производством.

Иногда оговаривается, что APS-системы могут осуществлять перепланирование, но, во-первых, контур диспетчерирования есть не у всех APS-систем, во-вторых, частота перепланирования в APS-системах обусловлена частотой появления новых заказов (обратная связь в режиме реального времени для APS считается избыточной), в отличие от MES, которые делают эту операцию гораздо чаще, поскольку реагируют на любое изменение хода технологического процесса. При этом для создания более точного контура обратной связи с производством разработчики APS-систем в некоторых случаях используют интеграцию с MES-системами.

Горизонт планирования в APS редко указывают однозначным — смена, неделя, месяц, до полугода. Для APS-систем он определяется предельно просто — исходя из основной задачи, функционала системы, которым является управление цепочками поставок. Длительность горизонта планирования в APS-системах — это всегда разница во времени между моментами времени выдачи наиболее дальних заказов из всего портфеля заказов предприятия и текущей датой, поскольку при внесении в данный портфель нового заказа и соответствующем пересчете всего расписания, надо определить не только сроки изготовления нового заказа, но и возможность ненарушения сроков выполнения уже запущенных заказов[4].

Пересчет расписания для APS-систем крайне нежелателен. Если же пересчет проводится, то он не должен касаться тех заданий, которые уже были выданы цехам ранее. Потребность в новом сеансе планирования возникает при поступлении новых заказов. При этом новые заказы размещаются как на свободном фонде оборудования, который еще не был задействован во времени, так и в тех остатках фонда времени на временных осях ОЦ, которые представляют собой простои оборудования.

В качестве критерия планирования в APS-системах целесообразнее использовать критерий максимизации прибыли предприятия на планируемый период. Этот критерий является наиболее общим для предприятия в целом и напрямую отражает его стратегию на рынке. В то же время может использоваться векторный критерий, функционал, который строится на основе частных критериев функционирования отдельных цехов. Этот вариант критерия используется в тех случаях, когда те или иные производственные подразделения испытывают определенный дефицит в тех или иных ресурсах (количество наладчиков оборудования, требования как можно быстрого окончания всего плана работ и др.).

Построение расписаний в случае использования векторного критерия возможно с помощью различных методик, на основе методов многокритериальной оптимизации. В ряде случаев для APS-систем можно использовать поэтапный принцип построения расписания, суть которого в следующем.

В данном случае общая задача для g цехов и gs СОУ решается как ряд последовательных задач локальных цехов с ВОУ.

Вначале всё множество цехов ранжируется по значимости с точки зрения их требуемой эффективности, т.е. устанавливаются приоритеты. Далее из ранжированного множества выбирается какой-либо цех, имеющий наибольший приоритет и СОУ, связанные с ним ходом ТП переводятся в ранг ВОУ без учёта требований других цехов. Для выбранного цеха формируется множество устройств N , и задача решается на модели данного цеха с его критерием и составом ограничений, дополненным ограничениями по фонду времени СОУ. Временная ось СОУ на момент начала составления расписания является пустой, т.е. устройство считается не занятым. После построения расписания для данного цеха на временной оси СОУ появляются определённые работы и для него сформировано расписание (рисунок 1.4).

Работы, задействованные за СОУ оформляются в виде множества занятых интервалов на оси его обслуживания (рисунок 1.4, а). Далее строится

расписание для другого цеха, который использует данное СОУ. Оно также переводится в ранг ВОУ с той лишь разницей, что время работы данного устройства не может быть использовано полностью (рисунок 1.4,б) — учитываются интервалы занятости, полученные на предыдущем шаге.

Таким образом, строится расписание для всех g цехов. Естественно, что оптимальность построения для каждого последующего цеха хуже, чем для предыдущего. Тем не менее, данный метод может использоваться в случаях с возможностью ранжирования всего множества цехов по приоритетам. Кроме того, данный метод характеризуется малой размерностью задачи, поскольку на каждом шаге решается локальная задача построения расписания для одного цеха по одному критерию[8].

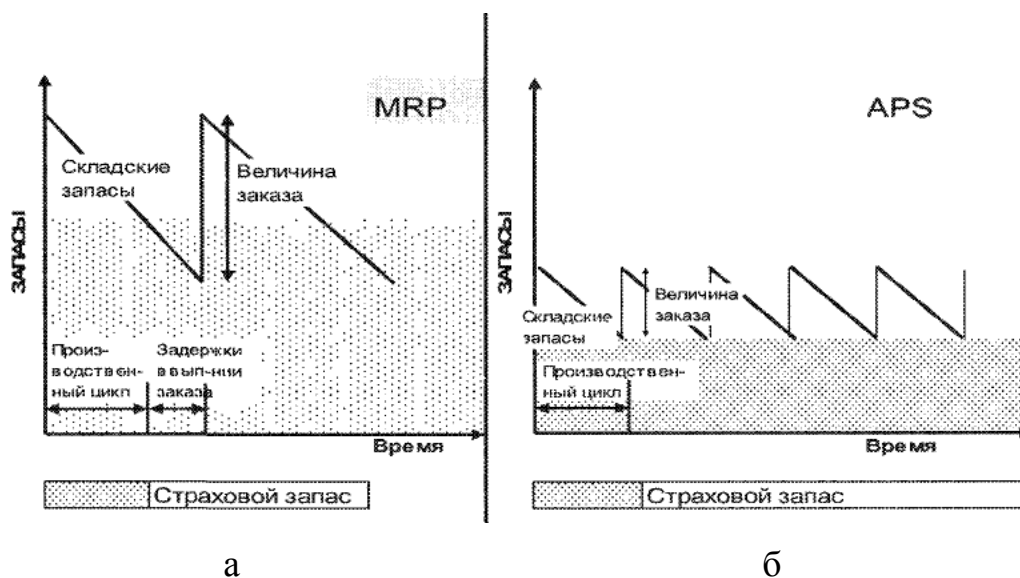


Рисунок 1.4 – Оптимизация управления запасами в APS-системах

Опасения в том, что APS-системы вырастут до новых ERP, были неоправданы, поскольку изначально было ясно, что APS-системы не отвечают за финансы, закупки, документооборот и другие транзакционные функции ERP, но ведущие производители ERP-систем (PeopleSoft, SAP, Oracle, SSAGlobal, JDEdwards, Marcam и др.) в последние годы стали заменять свои модули производственного планирования, построенные на неэффективных алгоритмах стандарта MRP II, на системы APS, т.е. речь идёт об интеграции APS-систем в

ERP-системы. Постепенно это сотрудничество переросло в естественную потребность интеграции на уровне ядра планирования ERP, которое может быть заменено APS-системой. В то же время APS может поставляться как отдельный продукт.

2 APS- система Preactor

2.1 Современные системы синхронного планирования

Существующие на рынке APS-системы можно условно разделить на три категории.

- 1 APS-системы в составе ERP-систем;
- 2 APS-системы в составе ERP-систем как разработка одной и той же фирмы;
- 3 APS-системы как отдельные программные решения.

Перечень основных модулей, рассматриваемых в структуре APS-системы, подразумевает наличие следующих возможностей:

- стратегический дизайн сетевой структуры цепи поставок (strategic network design), включающий функционал по долгосрочному планированию расположений производственных площадок, логистических мощностей, структуры сети распределения, стратегических продаж и поставок;
- планирование потребности/спроса (demand planning), включающее функционал долгосрочного планирования продаж и среднесрочного планирования потребности в товарах/ресурсах;
- выполнение плана (прогноза) спроса/продаж и проверка доступности (demand fulfillment/ATP), включающее функционал по краткосрочному планированию потребности и интерактивной проверке доступности при регистрации потребности клиента;
- главное производственное планирование сети поставок (master planning), включающее функционал по среднесрочному планированию сети

поставок, а именно – координации распределения, логистических мощностей, производства, поставок и персонала;

- производственное планирование и составление детальных графиков выпуска продукции (production planning and detailed).

В зависимости от производителя программного обеспечения состав модулей и их наполнение могут варьироваться. Это означает, что какой-то функционал может отсутствовать, а модули могут совмещать в себе различные возможности либо, наоборот, детализироваться. Тем не менее, исходя из описания функционала типичной APS-системы, можно вывести стандартные возможности, которая она предоставляет.

Рынок APS-систем интенсивно развивается и завоевывает своего потребителя. Ведущими разработчиками APS-систем в настоящее время являются компании SAP AG, "Oracle", "Manhattan Associates", "i2 Technologies", IBS, "RedPrairie", "Infor" и , "Preactor", "Ortems", "Галактика_АММ". В России применение систем класса APS реализуется только крупными компаниями. Наиболее популярные системы в настоящий момент SAP APO, Oracle[9] , Preactor[10], Ortems[11], Галактика_АММ[12].

APS-системы Oracle, Preactor, Ortems, Галактика_АММ были проанализированы по следующим критериям:

- объем предоставляемой стандартной функциональности;
- отраслевой специфике и наличие опыта внедрения;
- возможность обучения персонала;
- стоимость лицензий и др.

Анализ APS-систем, применяемых в России, показал, что все указанные производители являются мировыми лидерами производства корпоративного программного обеспечения, имеют большой опыт внедрения на предприятиях различных отраслей. Функционал у всех систем примерно одинаковый, поэтому для изучения была выбрана APS-система Preactor Express.

2.2 Система синхронного планирования Preactor

С момента первого появления в 1993 году, постоянно совершенствуемые и улучшаемые системы Preactor приобретены более чем 3000 компаний на всех пяти континентах планеты[13].

Программные продукты Preactor APS полностью интегрируются с приложениями SAP ERP по управлению ресурсами предприятия.

Интеграция Preactor и SAP позволяет увеличить эффективность управления производством и ресурсами, как того требуют современные предприятия.

Решения Preactor на платформе SAP NetWeaver отличаются следующие преимущества:

- значительное повышение наглядности, оперативности и контроля долгосрочного планирования и создания производственных расписаний;
- сокращение объема товарных запасов;
- снижение производственных издержек;
- уменьшение времени подготовки к выпуску продукции;
- своевременное информирование о сроках поставок в соответствии с требованиями заказчика.

Preactor используется практически во всех секторах промышленности и бизнеса:

- автомобилестроении и аэрокосмосе;
- в недвижимости и производстве товаров быстрого потребления;
- в бытовой химии, производстве косметики и лакокрасочных материалов;
- в производстве электрических и электронных устройств;
- в производстве продуктов питания и напитков;
- в производстве мебели и деревообработке;
- в производстве изделий литьем под давлением;
- в производстве штампов и пресс-форм;

- в производстве машин и оборудования;
- в металлургии и металлообработке;
- в производстве упаковки и полиграфии;
- в фармацевтике и товарах для здоровья;
- в точном машиностроении;
- в сфере ремонта и обслуживания;
- на предприятиях службы быта, в учебных и академических организациях;
- в управлении транспортом и грузоперевозками.

Preactor успешно применяется как на небольших производствах, так и в крупных корпорациях, объединяющих известные промышленные компании Великобритании, производителей бытовой электроники в Европе и многие частные компании мира.

Пакет Preactor представляет собой целое семейство продуктов: от сравнительно простых планировщиков до комплексных систем планирования и оптимизации производства с управлением сетью поставок. Вы всегда можете выбрать наиболее подходящее решение в зависимости от прикладной задачи и возможностей бюджета предприятия.

Существуют три системы класса FCS: Preactor Lite +, Preactor 200 FCS и Preactor 300 FCS. Lite+ это решение с фиксированной конфигурацией, предназначенное для небольших организаций с несложными задачами расчета расписаний. Preactor 200 FCS и Preactor 300 FCS обладают значительно большими функциональными возможностями, являются мощными и гибкими с точки зрения специализации под конкретные задачи заказчика, применяются для интеграции с другими приложениями, такими, как MRP-системы или цеховые системы сбора данных.

Preactor APS обладает еще более широкими возможностями, включая поддержку сложных правил оперативного планирования типа расшивки узких мест, минимизации объема незавершенного производства, минимального числа переналадок, автоматической поддержки определенного объема материалов на

каждом уровне спецификации материалов (BOM) и т.д. Пользователь может создавать собственные правила расчета расписаний: общие для всех заказов либо частные, т.е. действительные для определенного заказа, вида продукции, ресурса или операции[14].

В состав Preactor APS входят дополнительные модули управления производственными запасами, движением материальных потоков и управления сетью поставок с помощью Preactor Supply Chain Server (Сервер Сети Поставок), благодаря которому обработка запросов на продажу готовой продукции может осуществляться в режиме реального времени и удаленно по электронной почте.

Таким образом, независимо от сложности вашей проблемы планирования и расчета расписаний, в семействе продуктов Preactor всегда найдется ее решение, более подробное с возможностью каждой версии Preactor можно ознакомиться в приложении 1.

Система Preactor может использоваться как автономно, так и вместе с другим программным обеспечением(рисунок 2.1). Вся информация в базах данных, генерируемые планы и расписания записываются в формате ASCII.



Рисунок 2.1 – Пример использования APS-системы Preactor

Интеграция с другими программами осуществляется путем передачи ASCII-файлов либо объектов ActiveX, поэтому возможен обмен данными между Preactor и поддерживающими эти форматы приложениями: Excel, Visual Basic и т.д. Для передачи ASCII-файла Preactor имеет встроенные средства, которые автоматически модифицируют информацию во внешних файлах для дальнейшего использования в системе Preactor, а также манипулируют выходными данными для использования другими приложениями.

На сегодняшний день система Preactor успешно взаимодействует с ERP/MRP-системами, системами сбора технологических данных, с бухгалтерскими пакетами и другими приложениями. Среди них SAP R/3, Sage Enterprise CS/3, Ross System i-Renaissance, KewillMAX, QAD MFGPro, Datalog King Mosaico, Exact EPAS и другие[15].

В одних приложениях информация о заказах (клиент, номер заказа, размер партии, дата отгрузки) и сведения об изготавливаемых изделиях (технологические операции, маршруты, длительности подготовки, обработки и т.д.) загружаются в систему Preactor из общей базы и затем хранятся в собственной базе данных Preactor. В других вся информация хранится в общей базе и передается в Preactor по запросу. В последнем случае в базе данных Preactor хранятся только актуальные сведения о реальных заказах.

Система Preactor используется как до, так и после выполнения своих функций ERP/MRP-системой. В первом случае система Preactor может использоваться для графического представления объемного плана, где заказы дополняются технологической информацией о производимых изделиях и рассчитывается производственное расписание. Затем MRP-система считывает файл с рассчитанным расписанием, дополняет спецификацию материалов (BOM) и формирует требования на материалы. После этого Preactor выступает в более традиционной для себя роли, а именно: формирует перечень работ, наряды, маршрутно-технологические карты, отчеты для контроля выполнения

составленного расписания, а также для внесения изменений в последовательности операций и коррекцию расписания.

2.3 Функциональные возможности системы Preactor

Функциональные возможности Preactor версии 300 FSC помогают строить календарные графики производственной деятельности на периоды от нескольких дней до нескольких месяцев вперед. Большой набор опций позволяет учитывать ситуации, связанные с переналадкой оборудования для перехода на изготовление нового продукта, и множественные ограничения по ресурсам на отдельную операцию, разбивать заказ на партии в зависимости от принимаемых решений по планированию. Версия позволяет планировать что, где и когда производить, основываясь на информации о предполагаемом спросе, наличии готового товара на складе и принципах заказа комплектующих.

Preactor 400 APS при составлении графика деятельности учитывает оборудование, трудовые ресурсы, инструментарий, а также материалы. Данная версия имеет решения, которые способствуют минимизации времени переналадки и определению предпочтительного алгоритма действия, при переходе производства на новый продукт. В случае, если предлагаемые решения не отвечают требованиям пользователя, существует возможность добавления специально разработанных решений. Кроме того, здесь реализована функция автоматического связывания индивидуальных заказов на основе информации о производственных заказах для каждого уровня спецификаций. Решение рассчитывает время выполнения зависимых заказов, основываясь на задаваемых пользователем правилах.

Preactor 500 APS обладает всеми возможностями версии 400 APS с добавлением функционала АМС - Advanced Material Control (расширенный контроль материалов), для контроля движения материалов в процессе производства. АМС визуализирует информацию о наличии и движении материалов с помощью инструмента «Обзор материалов».

Существуют дополнительные возможности по работе со списками материалов (BoM) при использовании функционала «Возможность заказа».

Модуль PBX (Preactor BoM Exploder) не предназначен для замены модуля MRP в ERP-системе. Он используется в режиме «по требованию», когда пользователю требуется найти достижимую дату завершения производства для одного или нескольких продуктов.

Система обеспечивает:

- автоматизированное формирование и запуск партий деталей и сборок, необходимых для обеспечения клиентских заказов с учетом незавершенного производства и имеющихся на складах заделов по готовым деталям и сборкам;

- автоматический расчет потребности в материалах и комплектующих, необходимых для обеспечения клиентских заказов с учетом наличия на складах;

- автоматическое формирование перечня покупных дефицитных (отсутствующих на складах) комплектующих и материалов с указанием требуемого количества (с учетом размера минимальной и максимальной закупочной партии) и требуемого срока поставки.

- расчет операционного плана производства с учетом различных критериев оптимизации (минимизация переналадок, минимизация НЗП, параллельная загрузка, расшивка узких мест и др.);

- формирование производственных расписаний для рабочих центров;

- формирование аналитических отчетов и управляющих производственных документов;

- передача результатов расчета на рабочие места в цехе, рабочие места руководителей предприятия.

Если использовать модуль планирования совместно с системой подготовки расписаний Preactor AS, то детальная информация о производственном расписании может быть отправлена назад в систему планирования и может изменить цифры запланированного объема производства с полученным из Preactor AS. Тогда можно будет скорректировать результаты

объемно-календарного плана на основе производственного расписания для получения нового результата.

В пищевой промышленности, в производстве товаров народного потребления или похожих отраслях, производство обычно идет в режиме «на склад». В этом случае основной критерий для объемно-календарного плана, как правило, прогноз будущего спроса.

К сожалению, прогноз спроса может сильно варьироваться в зависимости сезонности, промо-кампаний, погоды, особых мероприятий и др. Однако такие значительные отклонения в прогнозе спроса могут выразиться в нереалистичном объемно-календарном плане, когда там не будет достаточно производственных мощностей для того чтобы удовлетворить пики спроса.

SIMATIC IT Preactor AP импортирует текущие параметры уровней складских запасов и прогноза спроса. Затем, учитывая оценку доступных мощностей, емкость склада, другие специальные предпочтения по производству продукции, сроки хранения продукции и т.д., предлагается точный и реализуемый объемно-календарный план. После того как стал доступен этот план данные могут отображаться как в виде графиков складских запасов так и диаграмм использования мощностей.

Также на основе плана выпуска продукции и развернутых из SIMATIC IT Preactor AP спецификаций предлагаемые потребности в заказе материалов могут быть экспортированы в ERP-систему, Excel и т.д. для дальнейших действий по осуществлению закупок.

В случае производства на заказ цифры уровней складских запасов, готовых изделий или полуфабрикатов не являются одними из ключевых параметров, но всё же необходимость оценивать эффект влияния будущих изменений спроса на производственный процесс остаётся.

Например, в аэрокосмической отрасли в сложных сборочных производствах каждое готовое изделие имеет сложную иерархическую спецификацию с множеством уровней вложений и производится из тысяч

компонентов. Многие из таких компонентов производятся на этом же предприятии и также загружают производственные мощности.

2.4 Планировщик Preactor

Планировщик — это основа всей системы планирования Preactor. В его состав входят такие средства, окно расписания (Schedule Overview), редактор данных (Editor), диаграммы загрузки (Plots), диаграммы Ганта (Trace Chart) и анализатор ресурсов (Hot Spot Grid). С помощью планировщика определяются сменные режимы работы как основных, так и вспомогательных ресурсов, производится автоматический и ручной расчёт расписаний, а также все операции по планированию ограниченных мощностей.

Структура пользовательского интерфейса планировщика обеспечивает максимально эффективное использование площади экрана благодаря упрощению линеек меню и изменению расположения элементов экрана по сравнению с предыдущими версиями.

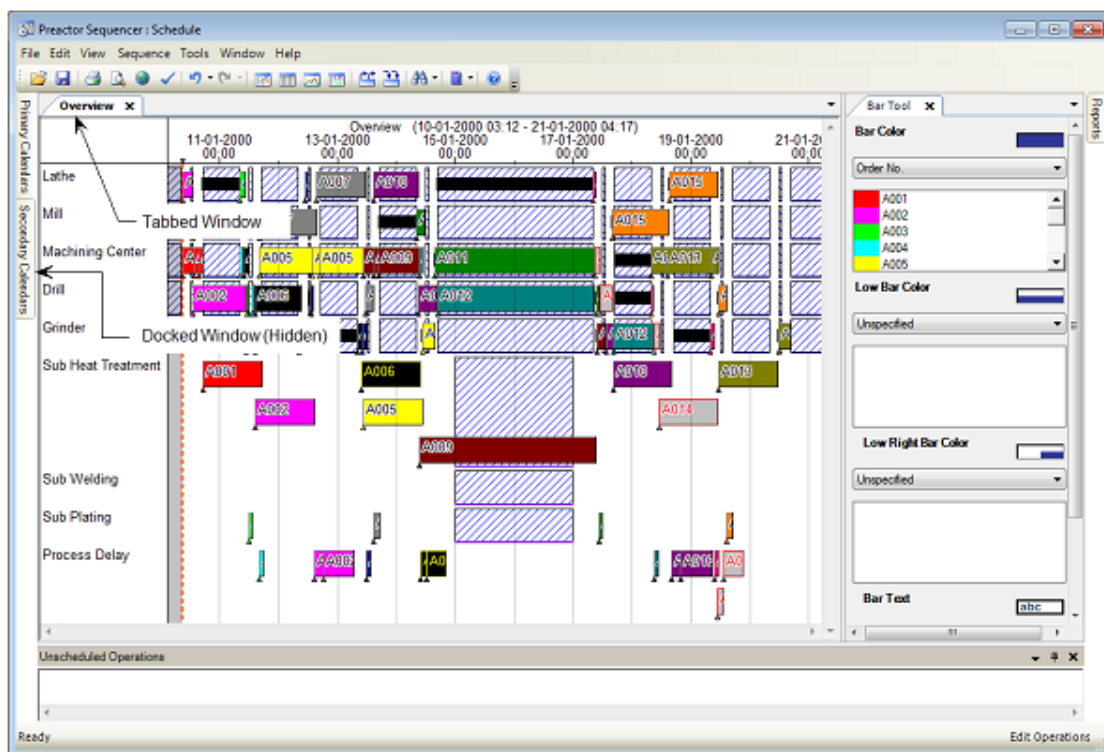


Рисунок 2.2 – Пользовательский интерфейс

Окно расписания — это окно планировщика, в котором отображается доска планирования (рисунок 2.3).

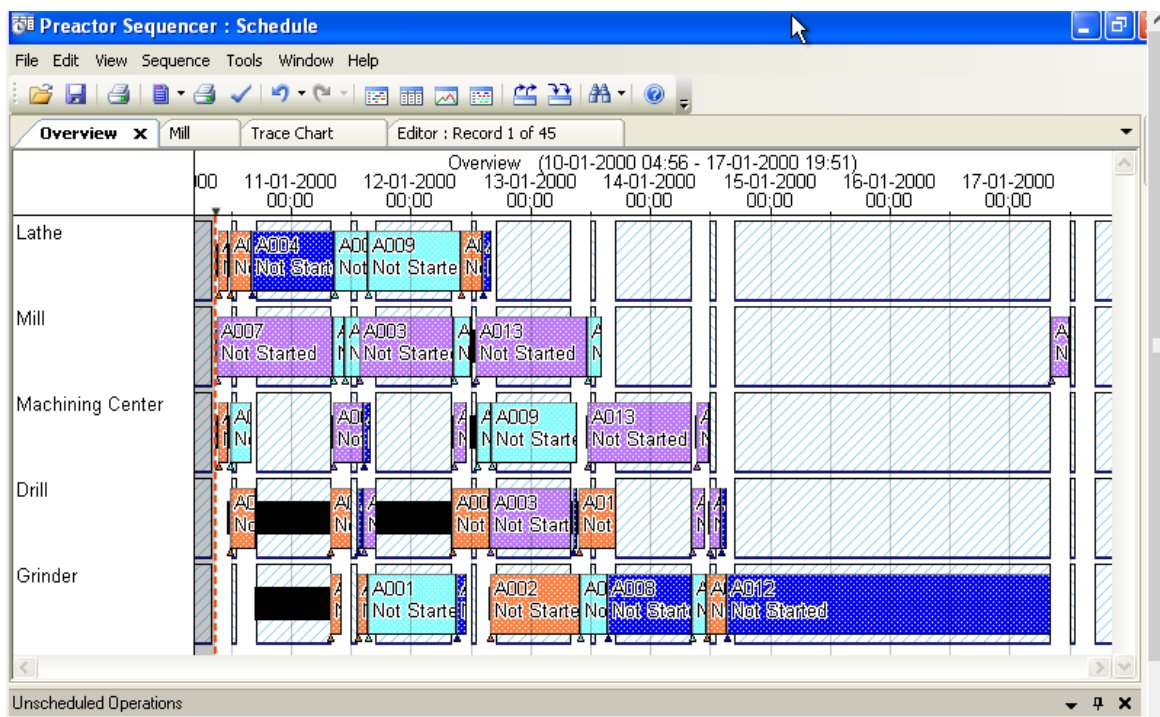


Рисунок 2.3 – Окно расписания

Вдоль вертикальной оси доски отображаются имеющиеся основные ресурсы, которые должны выполнять планируемые операции.

Горизонтальная ось представляет собой шкалу времени.

Основные действия по составлению расписания, а также операциям с файлами выполняются с помощью кнопок и команд панелей инструментов.

В окне *Unscheduled Operations* отображаются значки операций, ещё не назначенных для выполнения ресурсами.

Сменные режимы работы ресурсов, определённые в окне календаря, также могут быть показаны в окне расписания: белым цветом отображаются периоды внутри рабочих смен (*On Shift*), синим — вне смен (*Off Shift*), красным — поломки оборудования и т.д.

В окне расписания можно внести определённые изменения в календарь работ путём указания периодов сверхурочных работ, простоев оборудования и т.д.

Длительность запланированных операций отображается соответствующей длиной полос на диаграмме Ганта.

Полосы, представляющие собой выполнение операции, можно перемещать в другое положение на доске планирования. Если при этом будет нарушено какое-либо из ограничений планирования, планировщик выдаст на экран соответствующее предупреждение.

При помещении указателя мыши поверх полосы на экране появляется её описание в виде окошка-подсказки. Более подробные сведения о данной операции можно получить, если дважды щёлкнуть на полосе кнопкой мыши и выполнить команду Edit Order Information (Правка сведений о заказе).

2.5 Применение APS - системы Preactor

Рассмотрим применение APS-системы Preactor в России на примере ООО«Сибирская Машиностроительная Компания» и ТехноНИКОЛЬ.

ООО «Сибирская Машиностроительная Компания» основана в 1999 г. на базе научно-исследовательского института Технологии машиностроения и механообрабатывающего производства томского филиала Ракетно-космического агентства. Компания продолжает лучшие традиции по внедрению наукоемких технологий в производство, используя при проектировании изделий современные технологии и передовую научно-техническую информацию. Для эффективного управления планируемыми и находящимися в производстве заказами на предприятии возникла необходимость в автоматизации производственного планирования и построения производственных расписаний.

После тщательного анализа ситуации на рынке APS/MES-систем руководством Сибирской Машиностроительной Компании было принято решение о внедрении системы Preactor. В качестве исполнителя выступила Группа Компаний АйтиКонсалт, обладающая наивысшим в России партнерским статусом Preactor Solution Provider.

Специалистами компании была выполнена поставка, установка и настройка программного комплекса для автоматизации планирования производства на базе PREACTOR 500, который обеспечивает: автоматизированное формирование и запуск партий деталей и сборок, необходимых для обеспечения клиентских заказов с учетом незавершенного производства и имеющихся на складах заделов по готовым деталям и сборкам; автоматический расчет потребности в материалах и комплектующих, необходимых для обеспечения клиентских заказов с учетом наличия на складах; автоматическое формирование перечня покупных дефицитных (отсутствующих на складах) комплектующих и материалов с указанием требуемого количества (с учетом размера минимальной и максимальной закупочной партии) и требуемого срока поставки. Расчет операционного плана производства с учетом различных критериев оптимизации (минимизация переналадок, минимизация НЗП, параллельная загрузка, расшивка узких мест и др.); формирование производственных расписаний для рабочих центров; формирование аналитических отчетов и управляющих производственных документов; передача результатов расчета на рабочие места в цехе, а также рабочие места руководителей предприятия.

По итогам выполненных работ сформирован перспективный план развития программного комплекса, включая интеграцию с системой 1С, разработку специализированных отчетов, интеграцию с приобретёнными на предприятии системами ЛОЦМАН:PLM и САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.

ТехноНИКОЛЬ планирует производство каменной ваты с использованием SIMATIC IT Preactor. Внедрение проводилось одновременно на 6 заводах в разных городах, чтобы успеть запустить систему перед «высоким» сезоном.

Основной целью проекта являлось создание комплексной информационной системы, обеспечивающей:

- автоматический расчет оптимального производственного плана с учетом заданных критериев;

- автоматический расчет сроков отгрузки продукции с учетом пожеланий клиентов и реальных возможностей производства.

SIMATIC IT Preactor была интегрирована в существующую ИТ-инфраструктуру предприятия, так как исходные данные находятся в различных системах в разных форматах - 1С:ОКС, 1С:Завод, Oracle SNO, INFOR EAM.

Она позволяет автоматически получать более качественное производственное расписание за счет использования специально разработанного алгоритма, учитывающего особенности производства продукции на каждом из заводов корпорации.

Например, совмещение сливов металла с наладками, порядок переходов с одной продукции на другую, влияние износа линий и другие. Также значительно сократить время на формирование и актуализацию производственного расписания.

До внедрения SIMATIC IT Preactor планировщик затрачивал на это ежедневно более часа рабочего времени, сейчас всего несколько минут.

«Кроме расчета качественного производственного расписания с учетом оптимизации по нескольким критериям, система также позволяет автоматически обрабатывать заявки клиентов. Ответ публикуется в кабинете клиента на сайте предприятия и содержит срок поставки по каждой позиции. При этом учитываются текущие складские запасы, загрузка производственных линий, а также анализируются и отклоняются неправильно оформленные заявки с нарушением условий по минимальной партии отгрузки, кратности поддону и другим параметрам.

АйтиКонсалт является единственным в России Золотым партнёром PREACTOR и специализируется на комплексной автоматизации производственных и сервисных предприятий. Услугами Группы воспользовались уже 650 предприятий России.

На основании анализа современные APS-системы была выбрана система Preactor для дальнейшего изучения. Рассмотрены основные функции APS-системы Preactor.

3 Формирование производственных расписаний

3.1 Организация данных в системе Preactor

В системе Preactor структура базы данных является иерархичной, что означает необходимость соблюдения порядка ввода данных. Например, заполнить таблицу продукции будет невозможно, пока не будет определено содержимое таблиц ресурсов и групп ресурсов.

Обычно сначала заполняется таблица вторичных ограничений. Вторичные ограничения могут рассматриваться как определённый тип ресурсов, и поэтому пользователь должен предварительно решить, что следует определять как основные ресурсы, а что — как вторичные ограничения.

После определения вторичных ресурсов можно заносить сведения об основных ресурсах в таблицу ресурсов и «связывать» с ними вторичные ограничения (например, «Для управления станком» (основной ресурс) «всегда нужен оператор» (вторичное ограничение)).

После определения данных таблицы ресурсов можно заносить информацию в таблицу групп ресурсов. Следует помнить, что даже при группировке ресурсов всегда есть возможность назначить выполнение определённой операции конкретному ресурсу внутри группы.

Очень важно понимать, что распределение продукции ресурсам осуществляется через соответствующую группу ресурсов (хотя, конечно, можно непосредственно обозначить для продукции конкретный ресурс из группы).

После определения содержимого указанных таблиц можно приступить к заполнению таблиц календарных состояний, шаблонов и календарных графиков использования основных и вспомогательных ресурсов (с помощью окна Calendars (Календари) в окне планировщика).

Вторичные ограничения могут «связываться» как с ресурсами ограниченной мощности, так и с ресурсом неограниченной мощности с целью

контроля числа операций, которые могут одновременно выполняться данным ресурсом (например, числа партий продукции, одновременно обжигаемых в печи).

Действие вторичных ограничений видно на диаграммах загрузки ресурсов в окне планировщика.

Разница между системой 200 FCS и системой 300 FCS заключается в том, что в последней могут определяться как ограниченные ресурсы, так и ограниченные вторичные ограничения, в то время как в системе 200 FCS — только вторичные ограничения бесконечной мощности. Таким образом, в системах Preactor 300 FCS допускается наличие нескольких ограничений для каждой операции, а в системах 200 FCS — только ограничение на основные ресурсы.

Если обработка какого-либо компонента на станке может выполняться только с участием оператора, то, как правило, основным ресурсом в этом случае является станок, а вторичным ограничением — оператор и необходимые инструменты.

Обычно основные ресурсы обладают ограниченной мощностью, но в некоторых случаях их можно рассматривать как ресурсы с неограниченной мощностью. Таким ресурсом, например, может быть остывание продукции в зоне охлаждения после выхода из печи обжига — процесс, не занимающий никакого ресурса, при этом одновременно в зоне охлаждения может находиться несколько партий продукцию

Обычно ресурсы — это станки, технологические линии и т.д.; однако могут существовать и «фиктивные» ресурсы (типа задержки) для выполнения операций, которые не занимают никаких физических ресурсов[16].

Вторичные ограничения для ресурса определяют условия, при которых этот ресурс может быть использован.

В системах Preactor 300 FCS и старше есть возможность автоматического расчёта себестоимости операции и, следовательно, себестоимости всего заказа.

Параметр Cost Per Hour (Часовая расценка), который есть только в системах Preactor 300 FCS и старше, позволяет определять стоимость ресурса.

3.2 Постановка задачи планирования

Для апробации APS–системы Preactor рассмотрим следующую задачу.

Необходимо составить производственное расписание для механообрабатывающего предприятия, состоящего из 3 цехов, в которых находится 7 станков (таблица 1), необходимо составить расписание для изготовления 5 деталей(таблица 2) согласно технологического маршрута.

Данное производственное расписание составляется как расписание для производственной системы конвейерного типа.

Таблица 1 – Ресурсы

Цех №	Оборудование	
	№	Наименование станка
Цех 1	1	Сверлильный
	2	Фрезерный
	3	Токарный
Цех 2	1	Зубошлифовальный
	2	Зубофрезерный
Цех 3	1	Шлифовальный
	2	Резьбонакатный

Таблица 2 - Детали

№	Наименование детали	Приоритет	Технологическая операция			
			№	Название операции	Станок	Длительность
1	Шпиндель	10	1	Точение	Токарный	20 мин
			2	Расточка	Фрезерный	12 мин
			3	Сверление	Сверлильный	10 мин
			4	Нарезка резьбы	Резьбонакатный	10 мин
			5	Шлифование	Шлифовальный	15 мин
2	Кронштейн	15	1	Точение	Токарный	10 мин
			2	Сверление	Сверлильный	7 мин
			3	Шлифование	Шлифовальный	8 мин

Таблица 2 – Детали(продолжение)

3	Звездочка	8	1	Расточка	Фрезерный	25 мин
			2	Точение	Токарный	10 мин
			3	Сверление	Сверлильный	5 мин
			4	Шлифование	Шлифовальный	10 мин
4	Зубчатое колесо	20	1	Точение	Токарный	5 мин
			2	Сверление	Сверлильный	10 мин
			3	Резка зубов	Зуборезный	20 мин
			4	Шлифование зубов	Зубошлифовальный	15 мин
			5	Шлифование	Шлифовальный	10 мин
5	Тормозной диск	10	1	Точение	Токарный	15 мин
			2	Сверление	Сверлильный	20 мин
			3	Шлифование	Шлифовальный	10 мин

Цель:

1. составления производственного расписания в соответствии с технологической картой;
2. уменьшение времени обработки;
3. минимизация простоя станков.

Необходимо промоделировать поломку станка, добавление нового заказа, сравнить производственное расписание, составленное прямым и двунаправленным методами планирования.

3.2 Ввод данных в Preactor

3.2.1 Добавление ресурсов

Обычно основные ресурсы обладают ограниченной мощностью, но в некоторых случаях их можно рассматривать как ресурсы с неограниченной мощностью. Таким ресурсом, например, может быть остывание продукции в зоне охлаждения после выхода из печи обжига — процесс, не занимающий никакого ресурса, при этом одновременно в зоне охлаждения может находиться несколько партий продукции.

Ресурсы — это станки, технологические линии и т.д.; однако могут существовать и «фиктивные» ресурсы (типа задержки) для выполнения операций, которые не занимают никаких физических ресурсов.

Вторичные ограничения для ресурса определяют условия, при которых этот ресурс может быть использован.

В системах Preactor 300 FCS и старше есть возможность автоматического расчёта себестоимости операции и, следовательно, себестоимости всего заказа. Параметр Cost Per Hour (Часовая расценка), который есть только в системах Preactor 300 FCS и старше, позволяет определять стоимость ресурса.

Для добавления нового ресурса необходимо выполнить следующие команды: выбрать вкладку Resources нажать Edit-Insert (рисунок 3.1), в появившемся окне необходимо ввести название и выбрать тип ресурса (рисунок 3.2).

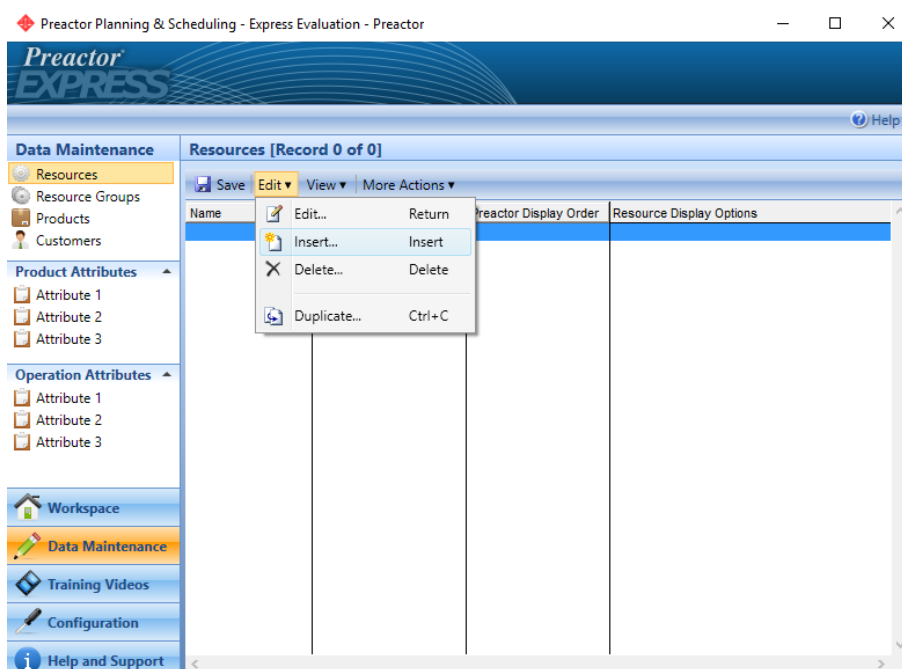


Рисунок 3.1 – Добавление нового ресурса

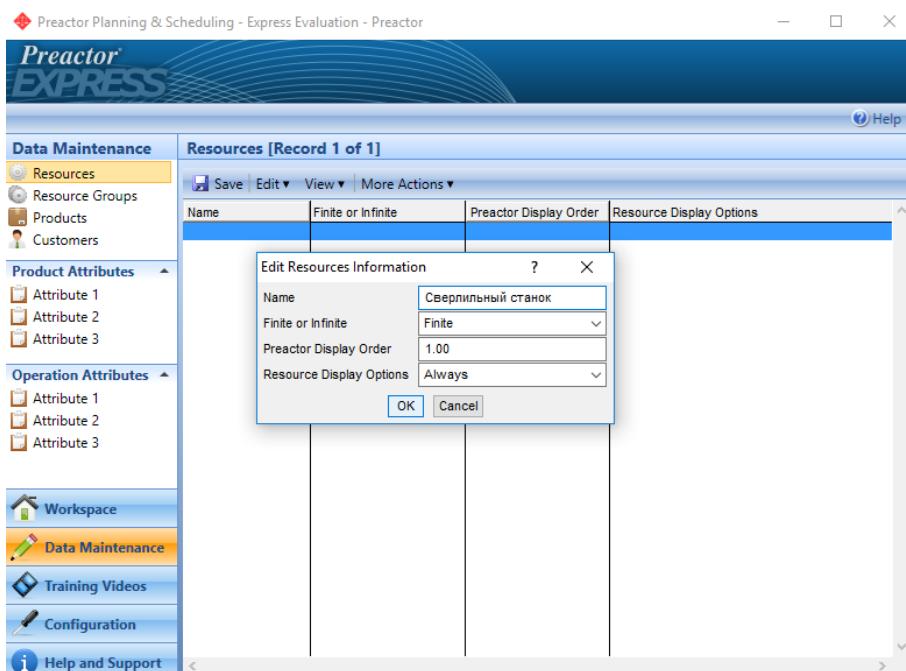


Рисунок 3.2 – Добавление нового ресурса

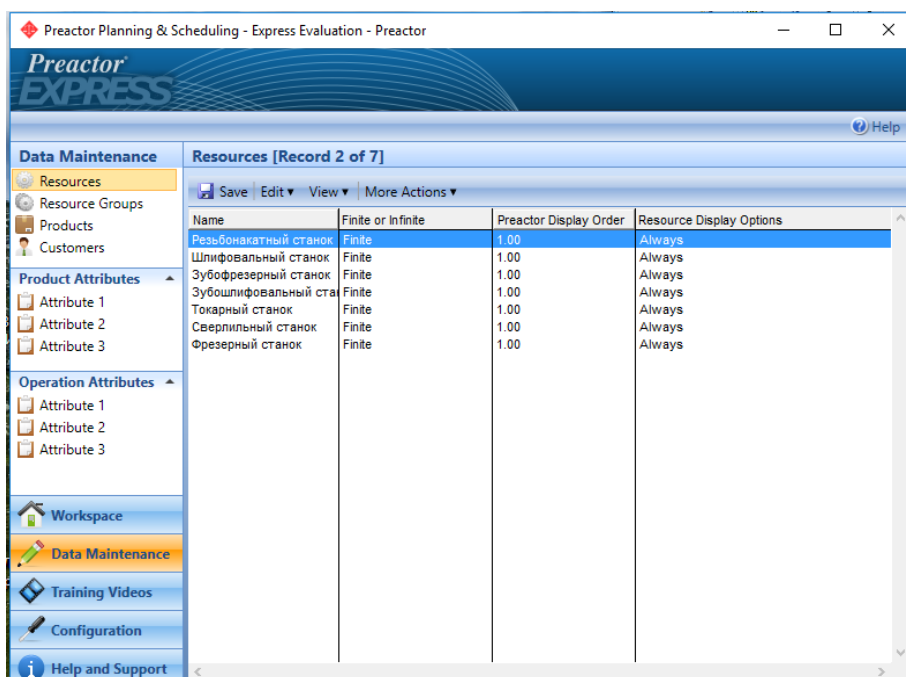


Рисунок 3.3 – Все добавленные ресурсы

Все ресурсы добавлены согласно таблице 1.

3.2.1 Разделение ресурсов на группы

Группа ресурсов — это некоторое естественное объединение ресурсов по определённому признаку (например, схожести выполняемых операций либо выполнению одним обрабатывающим центром). Если ресурсами является рабочий персонал, то объединение в группы может осуществляться по уровню квалификации, требуемой для выполнения определённых действий.

Важно иметь в виду, что распределение продукции по ресурсам выполняется через соответствующие группы ресурсов. Таким образом, сначала выбирается группа ресурсов, а затем — конкретный ресурс в группе. Вместе с тем есть возможность назначать отдельные операции непосредственно конкретному ресурсу в группе.

Разделим все ресурсы по трём цехам, для этого необходимо добавить 3 цеха, процесс добавления нового цеха представлен на рисунке 3.4. На рисунке 3.5 представлено распределение ресурсов для 1 цеха.

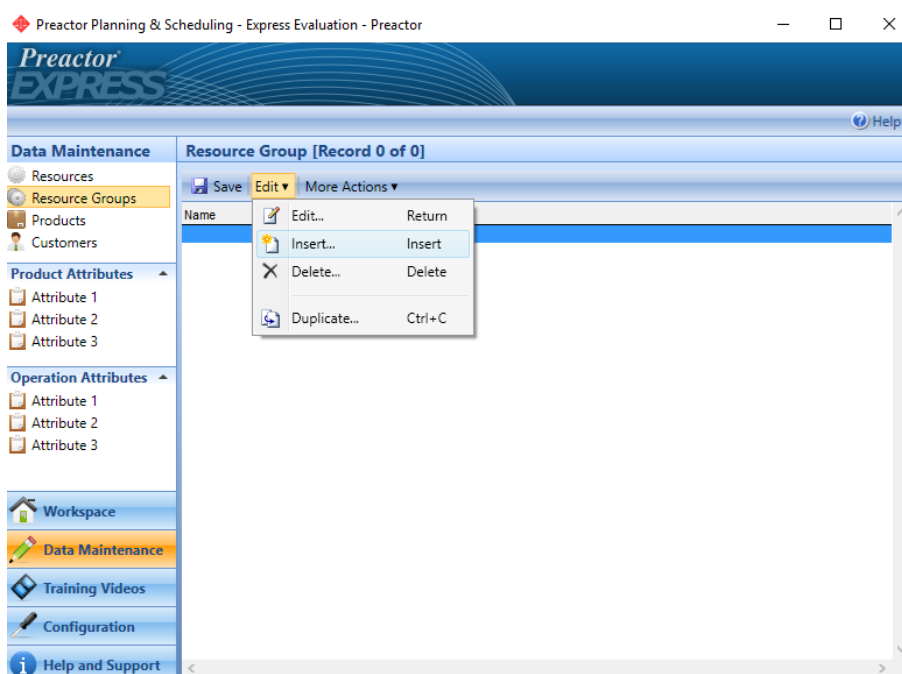


Рисунок 3.4 – Добавление новых групп ресурсов(цехов)

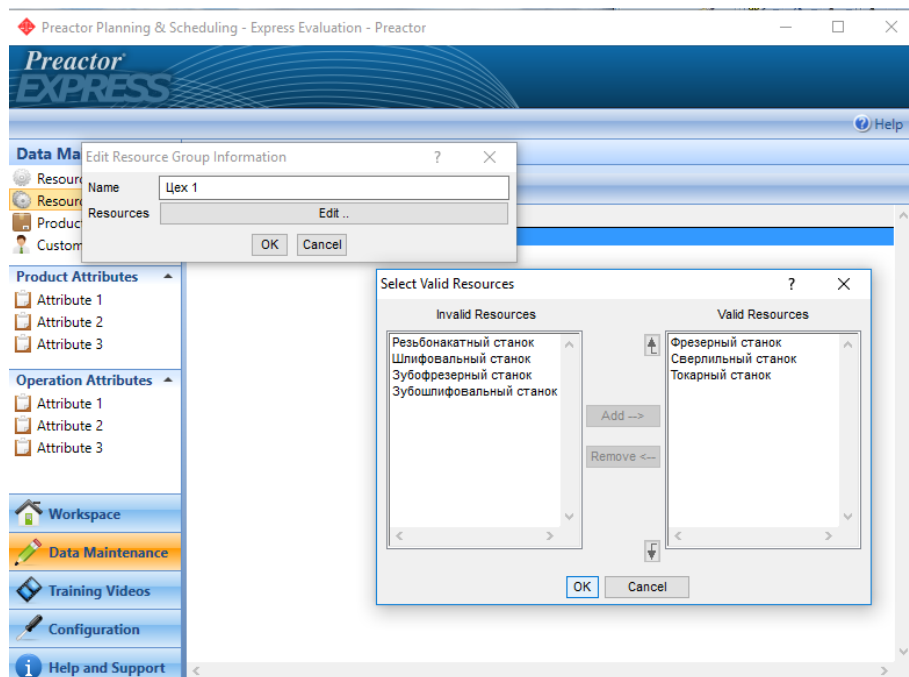


Рисунок 3.5 – Распределение ресурсов по цехам

Распределение по цехам производилось согласно таблице 2.

3.3.3 Добавление продукции и маршрутных карт

Таблица Products (Продукция) содержит технологические параметры производства продукции, включая сведения о каждой технологической операции (длительность выполнения, переналадки и т.д.).

Для добавления нового продукта(детали) необходимо:

- В меню Edit выбрать команду Insert.
- В появившемся окне (рисунок 3.6) ввести: номер партии, название продукта, номер операции, название операции.
- Выбрать ресурс (Resources-Edit), необходимый для выполнения данной операции(рисунок 3.6), задать время выполнения операции(рисунок 3.7).
- Для того, чтобы на диаграмме Ганта детали отображались разным цветом, необходимо в окне Edit Products Information выбрать пункт с названием Product Display Data, в появившемся окне выбрать нужный цвет.

- Для добавления второй операции к этой же детали необходимо выполнить все выше описанное по аналогии, только в параметре Parent Part выбрать номер партии, соответствующий этой детали (рисунки 3.7 и 3.8). Для того чтобы деталь обрабатывалась последовательно необходимо для каждой операции указывать разный номер, например 10, 20, и т.д.

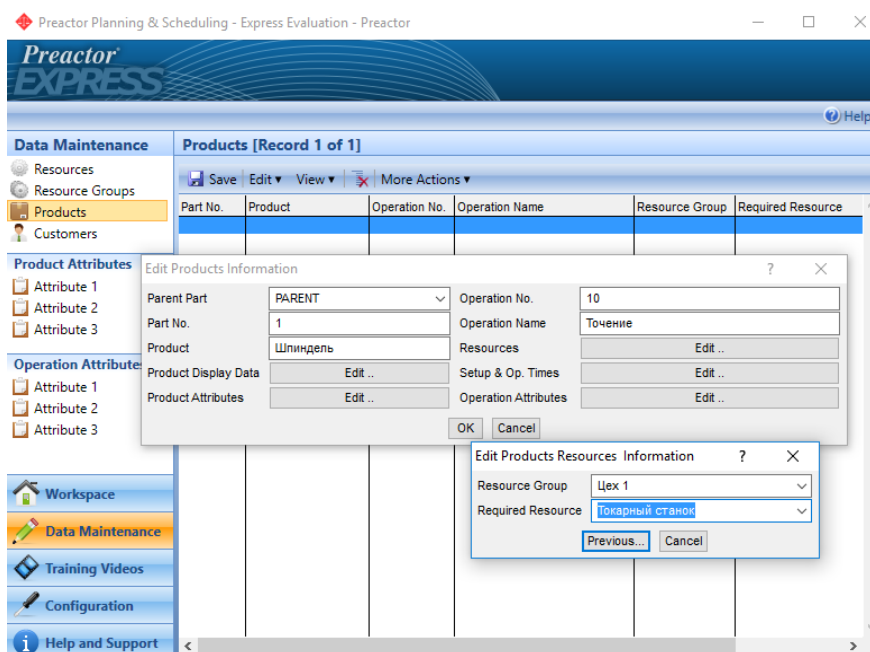


Рисунок 3.6 – Добавление нового продукта

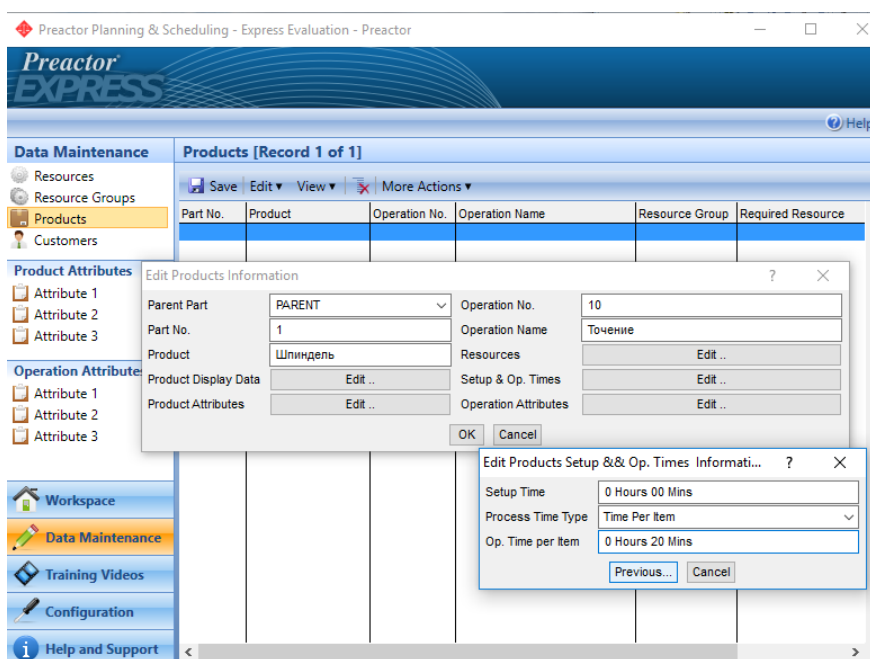


Рисунок 3.7 – Введение времени выполнения операции

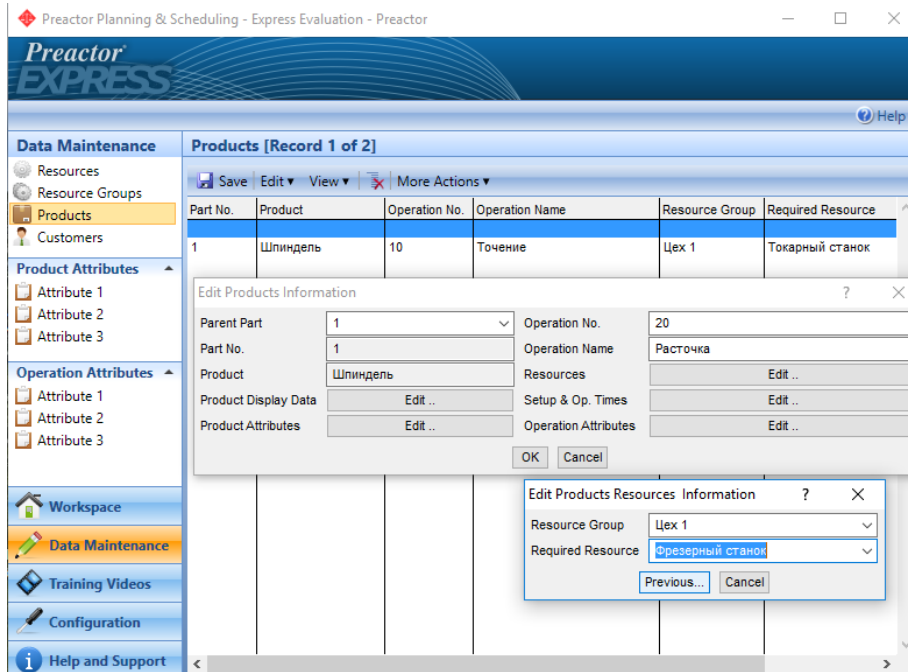


Рисунок 3.8 – Добавление второй операции

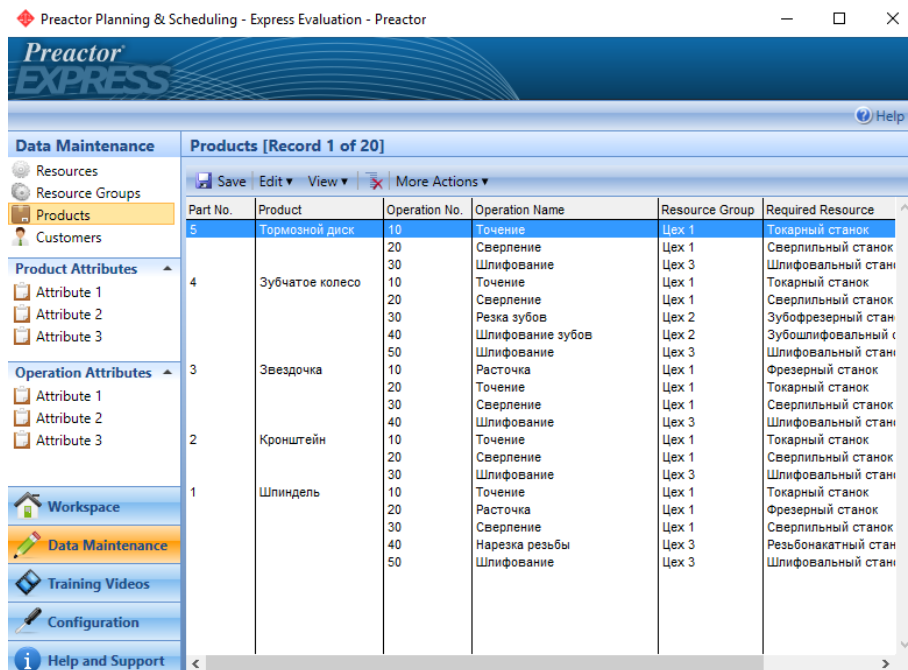


Рисунок 3.9 – Все добавленные детали

Все детали добавлены согласно маршрутных карт, представленных в таблице 2.

3.2 Составление производственных расписаний

В системе Preactor при составление производственного расписания используются два подхода: прямое планирование и двунаправленное планирование.

Прямое календарное планирование позволяет минимизировать продолжительность потока, то есть время, затраченное на выполнение работ в конкретном процессе. В данном подходе назначается срок выполнения первой операции на базе высвободившихся мощностей 1-го произв. участка, затем назначается срок на базе высвободившихся мощностей 2-го участка и т.д.[14].

Метод двунаправленного планирования заключается в том, что сначала на доске планирования фиксируется определённая операция (критичная по времени исполнения либо выполняемая дефицитным ресурсом), а затем осуществляется планирование остальных операций.

Пользователь имеет возможность менять такие параметры заказа, как срок готовности, самый ранний срок начала выполнения и приоритет, и оценить влияние подобного изменения на общее расписание работ и соблюдение сроков поставки готовых заказов.

Чтобы увидеть влияние смены приоритета:

1. Дважды щёлкните кнопкой мыши на первой операции нужного заказа. Это можно сделать как в окне расписания, так и в окне редактора. На экране откроется окно сведений о заказе.

2. В поле Priority (Приоритет) укажите новое значение приоритета. Чем меньше указываемая величина, тем выше приоритет.

3. Закройте окно.

4. Удалите все заказы из расписания.

5. Составьте новое расписание методом «прямого» планирования по приоритетам (с помощью кнопок и панели инструментов).

6. Ознакомьтесь с результатами планирования

Пользователь имеет возможность просмотра статистических данных о любом расписании.

Для просмотра статистических данных:

1. Выполните команду Schedule Statistics... (Сбор статистики) меню Tools (Сервис).

Schedule Statistics

Order Count Data				
	Early	Late	Incomplete	Started
Absolute	5	0	0	0
Percentage	100.00	0.00	0.00	0.00

Order Completion Data				
	Total	Minimum	Average	Maximum
Early Time	104 Days 18:49	20 Days 22:36	20 Days 22:58	20 Days 23:29
Late Time	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins
Setup Time	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins
Lead Time	5 Hours 01 Mins	0 Hours 43 Mins	1 Hours 00 Mins	1 Hours 23 Mins
Added Value Percentage		58.14%	82.06%	100.00%

Resource Data			
	Minimum	Average	Maximum
Working Percentage	9.71	34.26	58.25
Setup Percentage	0.00	0.00	0.00
Unavailable Percentage	0.00	0.00	0.00
Idle Percentage	41.75	65.74	90.29
Utilisation Percentage	9.71	34.26	58.25

Schedule Span: 26-05-2017 23:41 - 27-05-2017 01:24 | 1 Hours 43 Mins | [Close](#)

Рисунок 3.10 – Окно статистических сведений

На экране откроется окно статистических сведений(рисунок 3.10), полученных в результате анализа текущего расписания, в состав которых входит следующая информация:

Панель Order Count Data (Общие сведения о заказах). В этой панели отображаются сведения о числе заказов в разных состояниях:

- Early: число заказов с преждевременной датой начала исполнения.
- Late: число заказов, исполнение которых запаздывает.
- Incomplete: число незавершённых заказов.
- Started: число заказов, исполнение которых начато.

В поле Percentage отображается соответствующая доля заказов в процентах.

Панель Order Completion Data (Сведения о завершении исполнения заказов). В этой панели отображаются общее, минимальное, среднее и максимальное значения следующих данных:

- Earle Time: на сколько времени раньше было начато исполнение заказов.
- Late Time: на сколько времени было задержано исполнение заказов.
- Setup Time: время перенастройки.
- Lead Time: время подготовки к началу выполнения.
- Added Value Percentage: добавленная стоимость.

Панель Resource Data (Использование ресурсов). В этой панели отображаются сведения об использовании ресурсов:

- Working Percentage: время в работе.
- Setup Percentage: время, затраченное на перенастройку.
- Unavailable Percentage: время неготовности.
- Idle Percentage: время простоев.
- Utilization Percentage: коэффициент загрузки.

В панели Schedule Span отображаются сведения о начале и завершении исполнения расписания (а также о продолжительности исполнения).

3.4.1 Прямое планирование

Для планирования всех заказов в окне незапланированных операций:

1. Определите критерии составления расписания. Например, для «прямого» планирования с учётом сроков готовности выполните следующие действия.

2. Выполните команду Forward Sequence (Прямое планирование) меню Sequence (Расписание). На экране появится меню, состоящее из пунктов: «Forward By Priority» (Прямое по убыванию приоритетов), «Forward By Reverse Priority» (Прямое по возрастанию приоритетов), «Forward By Due Date»

(Прямое по срокам готовности), «Forward By Schedule File Order» (Прямое по порядку в файле).

3. Выберите пункт «Forward By Due Date» (Прямое по срокам готовности). Выполнение заказов будет спланировано методом прямого планирования с учётом сроков готовности к отгрузке, соответствующее расписание будет показано в главном окне планировщика.

На рисунке 3.11 представлено расписание, составленное прямым планированием с увеличением приоритетов.

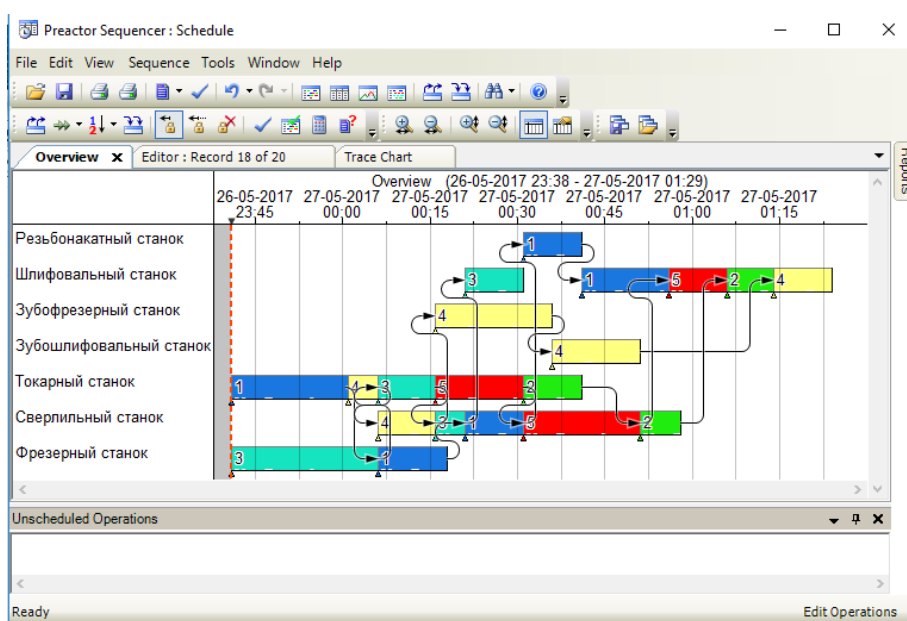


Рисунок 3.11 – Прямое с увеличением приоритетов

Schedule Statistics

Order Count Data				
	Early	Late	Incomplete	Started
Absolute	5	0	0	0
Percentage	100.00	0.00	0.00	0.00

Order Completion Data				
	Total	Minimum	Average	Maximum
Early Time	104 Days 18:49	20 Days 22:36	20 Days 22:58	20 Days 23:29
Late Time	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins
Setup Time	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins
Lead Time	5 Hours 01 Mins	0 Hours 43 Mins	1 Hours 00 Mins	1 Hours 23 Mins
Added Value Percentage		58.14%	82.06%	100.00%

Resource Data			
	Minimum	Average	Maximum
Working Percentage	9.71	34.26	58.25
Setup Percentage	0.00	0.00	0.00
Unavailable Percentage	0.00	0.00	0.00
Idle Percentage	41.75	65.74	90.29
Utilisation Percentage	9.71	34.26	58.25

Schedule Span: 26-05-2017 23:41 - 27-05-2017 01:24 | 1 Hours 43 Mins |

Рисунок 3.12 – Окно статистических сведений

Согласно окну статистических сведений(рисунок 3.12) время изготовления всех деталей прямым методом планирования с увеличением приоритетов составляет 1 час 43 минуты, среднее время простоев составляет 65.74 минуты, средний коэффициент загрузки оборудования равен 34.26.

На рисунке 3.13 представлено расписание, составленное прямым планированием с уменьшением приоритетов.

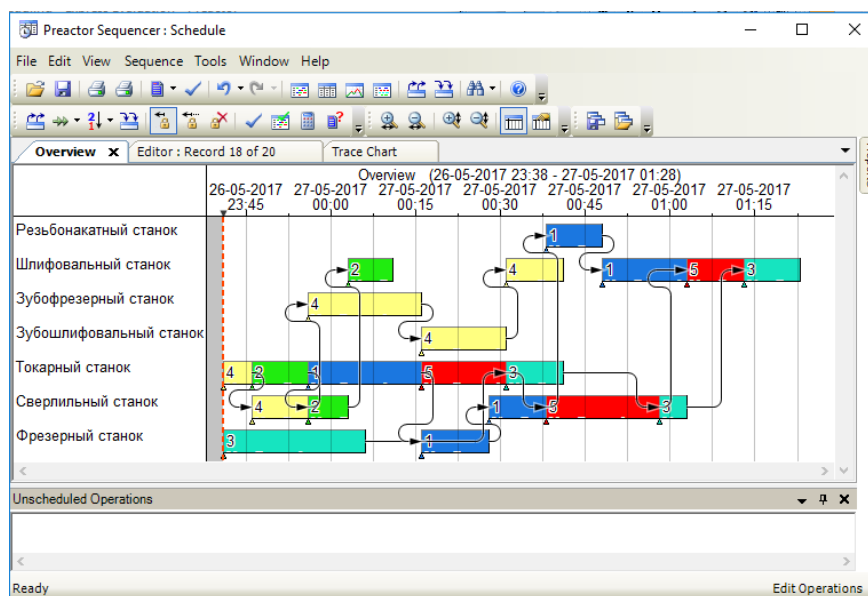


Рисунок 3.13 – Прямое с уменьшением приоритетов

Schedule Statistics				
Order Count Data				
	Early	Late	Incomplete	Started
Absolute	5	0	0	0
Percentage	100.00	0.00	0.00	0.00
Order Completion Data				
	Total	Minimum	Average	Maximum
Early Time	104 Days 19:29	20 Days 22:37	20 Days 23:06	20 Days 23:49
Late Time	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins
Setup Time	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins
Lead Time	5 Hours 11 Mins	0 Hours 25 Mins	1 Hours 02 Mins	1 Hours 42 Mins
Added Value Percentage		49.02%	79.42%	100.00%
Resource Data				
	Minimum	Average	Maximum	
Working Percentage	9.80	34.59	58.82	
Setup Percentage	0.00	0.00	0.00	
Unavailable Percentage	0.00	0.00	0.00	
Idle Percentage	41.18	65.41	90.20	
Utilisation Percentage	9.80	34.59	58.82	
Schedule Span	26-05-2017 23:41 - 27-05-2017 01:23		1 Hours 42 Mins	<input type="button" value="Close"/>

Рисунок 3.14 – Окно статистических сведений

Согласно окну статистических сведений(рисунок 3.14) время изготовления всех деталей прямым методом планирования с уменьшением приоритетов составляет 1 час 42 минуты, среднее время простоев составляет 65.41 минуты., средний коэффициент загрузки оборудования равен 34.59.

На рисунке 3.15 представлено расписание, составленное прямым планированием по дате завершения.

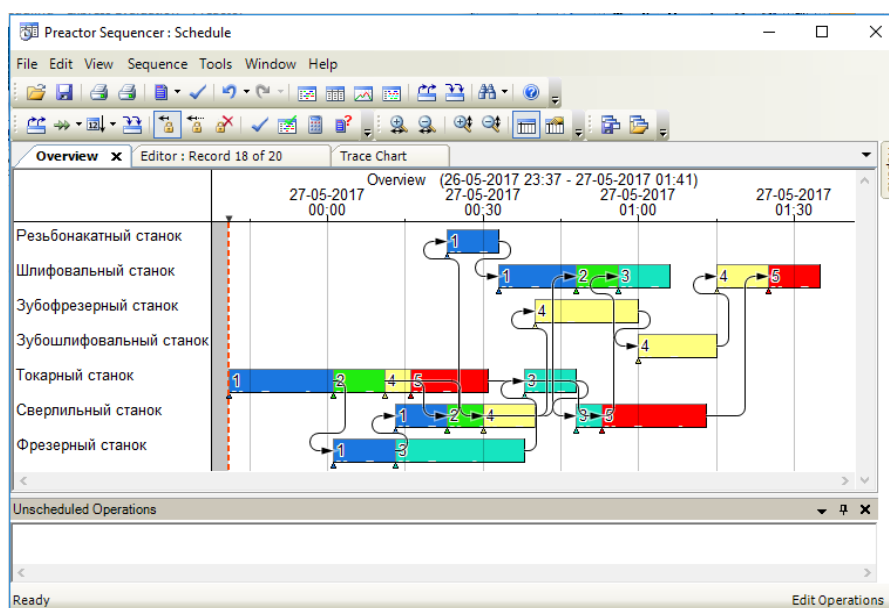


Рисунок 3.15 – Прямое по дате завершения

Schedule Statistics				
Order Count Data				
	Early	Late	Incomplete	Started
Absolute	5	0	0	0
Percentage	100.00	0.00	0.00	0.00
Order Completion Data				
	Total	Minimum	Average	Maximum
Early Time	104 Days 18:10	20 Days 22:25	20 Days 22:50	20 Days 23:12
Late Time	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins
Setup Time	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins
Lead Time	5 Hours 28 Mins	0 Hours 53 Mins	1 Hours 06 Mins	1 Hours 19 Mins
Added Value Percentage		45.45%	75.30%	100.00%
Resource Data				
	Minimum	Average	Maximum	
Working Percentage	8.77	30.95	52.63	
Setup Percentage	0.00	0.00	0.00	
Unavailable Percentage	0.00	0.00	0.00	
Idle Percentage	47.37	69.05	91.23	
Utilisation Percentage	8.77	30.95	52.63	
Schedule Span	26-05-2017 23:41 - 27-05-2017 01:35		1 Hours 54 Mins	<input type="button" value="Close"/>

Рисунок 3.16 – Окно статистических сведений

Согласно окну статистических сведений(рисунок 3.16) время изготовления всех деталей прямым методом планирования по дате завершения составляет 1 час 54 минуты, среднее время простоев составляет 69.05 минуты., средний коэффициент загрузки оборудования равен 30.95.

3.4.2 Двухнаправленное планирование

Планирование операций в обоих направлениях:

1. Методом «прямого» планирования составьте расписание работ из окна неспланированных операций. Все заказы будут размещены на доске планирования.
2. С помощью команды Locate (Найти) меню View (Вид) найдите критичные операции(рисунок 3.17).
3. Зафиксируйте эти операции на доске планирования.
4. Отмените выделение зафиксированных критичных операций.
5. Удалите незафиксированные операции из расписания.

6. Выполните планирование «прямым» и «обратным» методами относительно зафиксированных операций.

7. Составьте расписание операций, оставшихся в окне неспланированных операций. При подобном подходе выполнению заказов с критичными операциями отдаётся большее предпочтение, чем остальным.

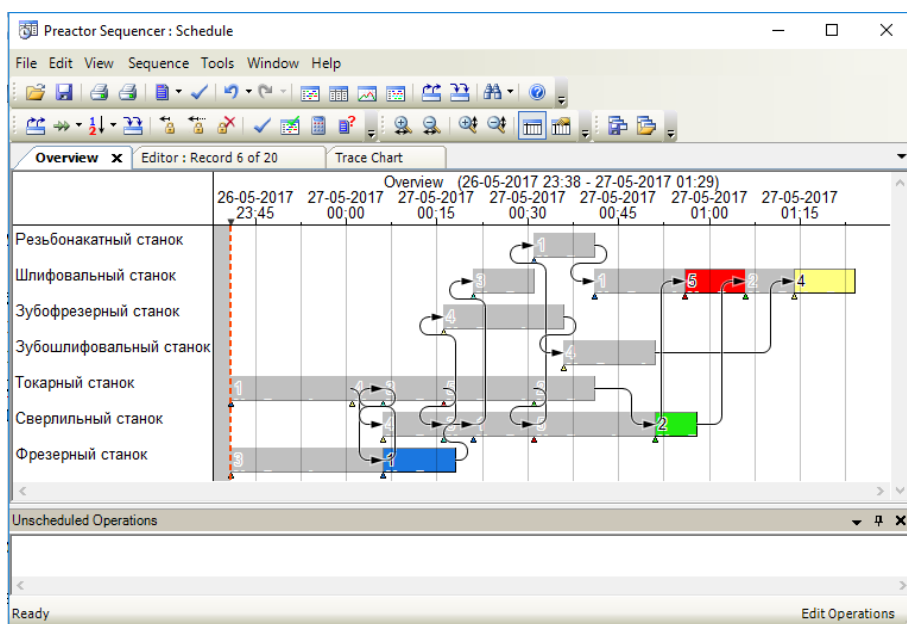


Рисунок 3.17 – Критичные операции

На рисунке 3.18 представлено расписание, составленное двунаправленным планированием.

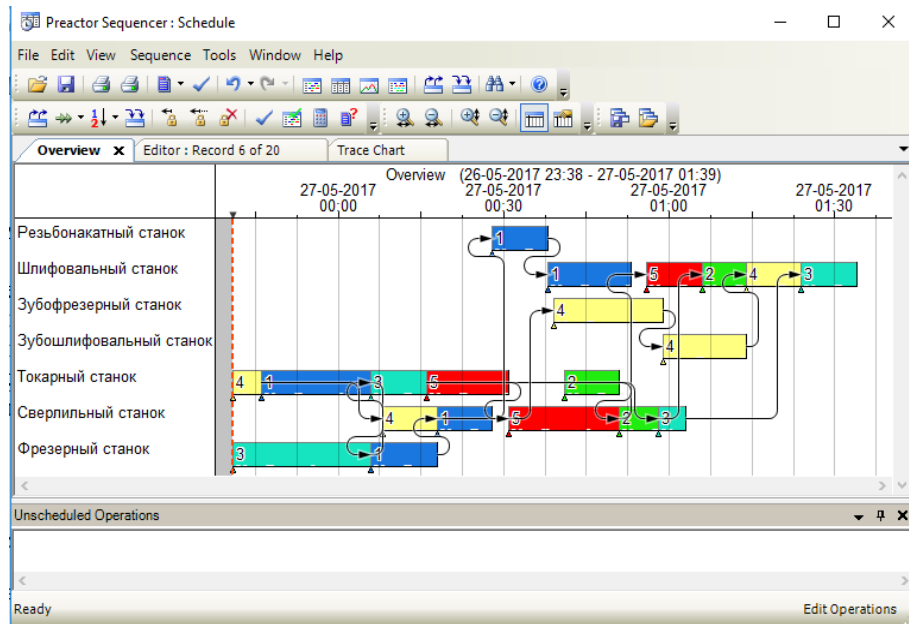


Рисунок 3.18 – Двухнаправленное планирование

Schedule Statistics

Order Count Data				
	Early	Late	Incomplete	Started
Absolute	5	0	0	0
Percentage	100.00	0.00	0.00	0.00

Order Completion Data				
	Total	Minimum	Average	Maximum
Early Time	104 Days 17:49	20 Days 22:26	20 Days 22:46	20 Days 23:07
Late Time	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins
Setup Time	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins
Lead Time	6 Hours 06 Mins	0 Hours 33 Mins	1 Hours 13 Mins	1 Hours 53 Mins
Added Value Percentage		44.25%	67.49%	100.00%

Resource Data			
	Minimum	Average	Maximum
Working Percentage	8.85	31.23	53.10
Setup Percentage	0.00	0.00	0.00
Unavailable Percentage	0.00	0.00	0.00
Idle Percentage	46.90	68.77	91.15
Utilisation Percentage	8.85	31.23	53.10

Schedule Span	26-05-2017 23:41 - 27-05-2017 01:34	1 Hours 53 Mins	Close
---------------	-------------------------------------	-----------------	-------

Рисунок 3.19 – Окно статистических сведений

Согласно окну статистических сведений(рисунок 3.19) время изготовления всех деталей двухнаправленным методом планирования составляет 1 час 53 минуты, среднее время простоев составляет 68.77 минуты, средний коэффициент загрузки оборудования равен 31.23.

В таблице 3 представлены результаты составления производственного расписания с различными критериями.

Таблица 3 – Результаты планирования

Критерий оптимальности	Время изготовления всех деталей	Среднее время простоев	Средний коэффициент загрузки оборудования
Прямое планирование с увеличением приоритетов	1 час 43 мин.	65.74 мин.	34.26
Прямое планирование с уменьшением приоритетов	1 час 42 мин.	65.41 мин.	34.59
Прямое планирование по дате завершения	1 час 54 мин.	69.05 мин.	30.95
Двунаправленное планирование	1 час 53 мин.	68.77 мин.	31.23

Согласно таблице 3 для поставленной задачи при составлении производственного расписания выгоднее всего воспользоваться прямым планированием с уменьшением приоритетов, так как время изготовления составляет 1 час 42 минуты и среднее время простоев 65.41 минуты.

3.4.3 Добавление новых заказов

APS – системы способны помочь производству получать прибыль, причем даже там, где это меньше всего ожидается. Это особенно важно сегодня, когда ситуация на рынке вынуждает экономить, и надо находить новые возможности, чтобы оставаться конкурентоспособным. Благодаря APS-

системам существует возможность расширять портфель заказов без изменения производственных ресурсов.

Рассмотрим ситуацию, когда к выполняющемуся производственному расписанию необходимо добавить новый заказ в свободные промежутки и узнать когда он будет изготовлен.

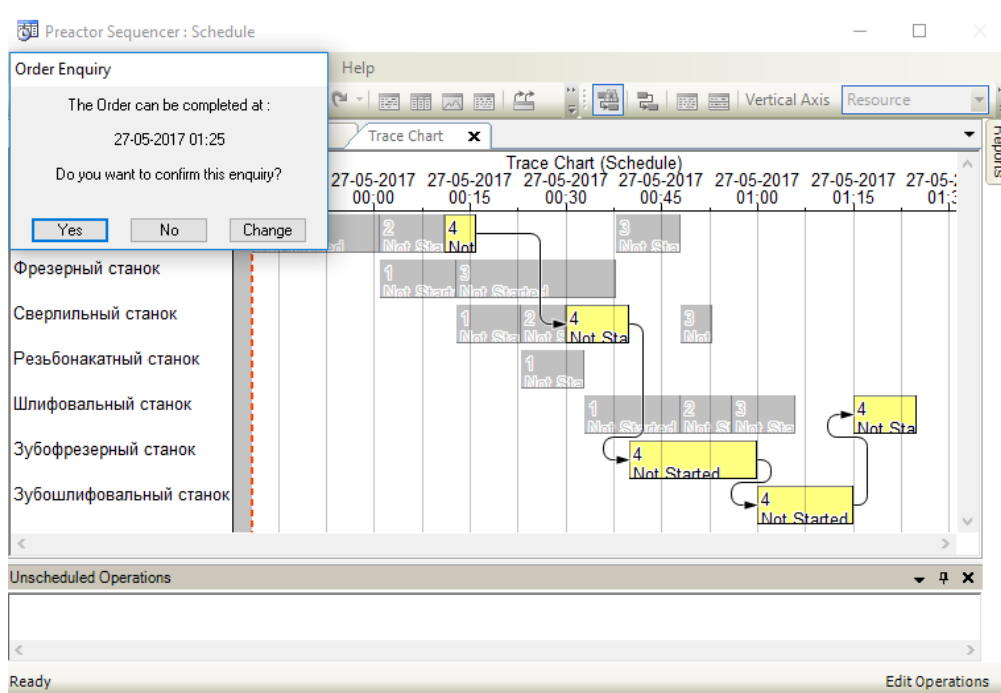


Рисунок 3.20 – Добавление нового заказа

На рисунке 3.20 представлено добавление нового заказа в сформированное производственное расписание, APS-система Preactor добавляет его в свободные промежутки и определяет не только сроки его изготовления, но и возможность нарушения сроков выполнения уже запущенных заказов.

3.4.4 Модификация календаря

Модификация календаря выполняется, например, в случаях возникновения незапланированных событий типа поломок оборудования, внеплановых сверхурочных работ и т.д.

Разовое исправление календаря может быть выполнено непосредственно в окне расписания без переключения в окно календаря.

Для изменения календаря в окне расписания:

1. Выполните команду Overview Window (Окно расписания) меню View (Вид).
2. Выполните команду Edit Mode (Режим правки) меню View (Вид) и включите режим правки календаря.
3. Установите указатель мыши в положение, соответствующее моменту изменения календаря для требуемого ресурса, и дважды щёлкните кнопкой мыши.

На экране откроется окно календарных периодов.

Промоделируем ситуацию поломки сверильного станка с 04/06/2017 22:36 до 04/06/2017 22:44.

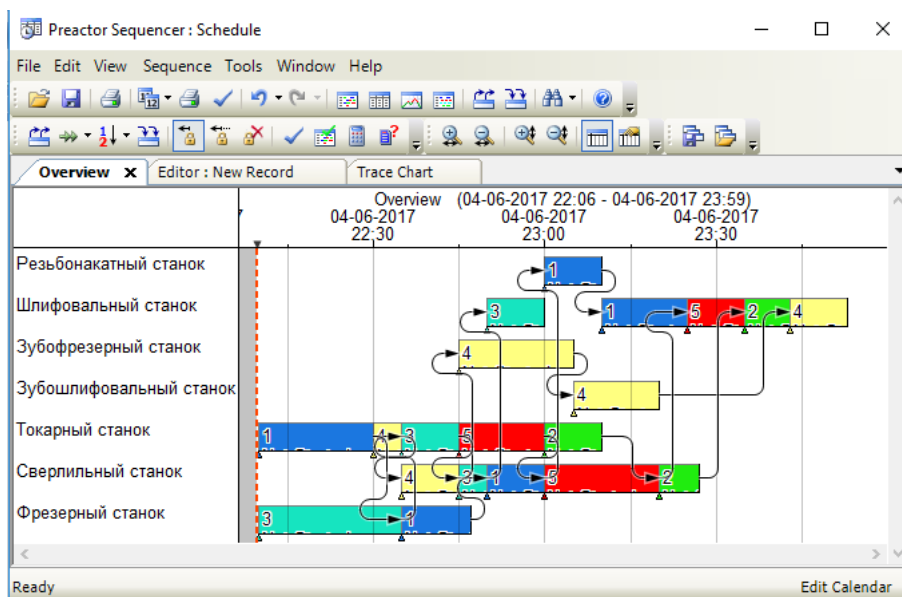


Рисунок 3.21 – Производственное расписание до поломки

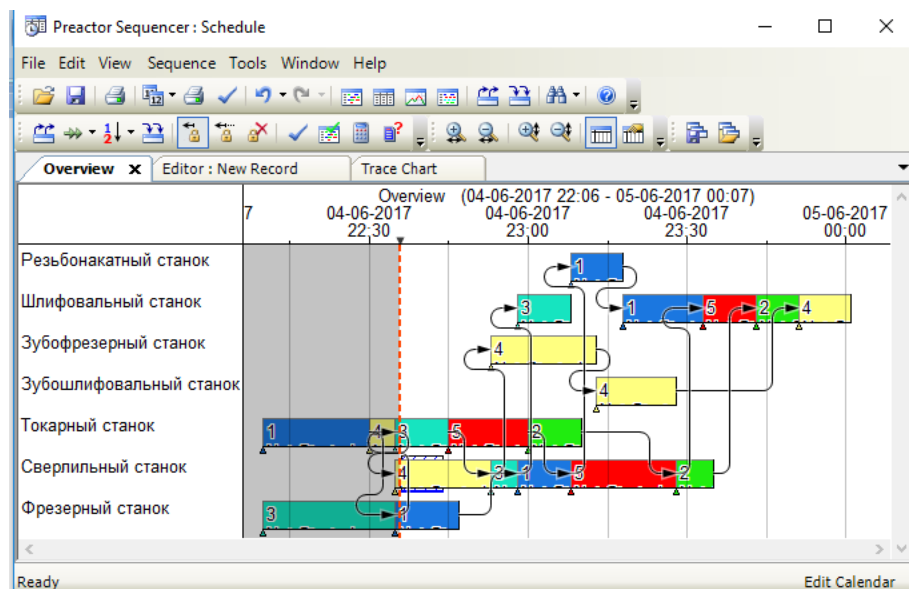


Рисунок 3.22 – Модернизированное расписание

Длительность выполнения расписания до поломки составляло 1 час 43 минут, после поломки длительность выполнения модернизированного расписания(рисунок 3.22) составляет 1 час 51 минут.

3.4.5 Определение критерия оптимальности

Для расчета расписания были использованы следующие критерии:

- Критерий 1 – прямое планирование с увеличением приоритетов;
- Критерий 2 – прямое планирование с уменьшением приоритетов;
- Критерий 3 – прямое планирование по дате завершения;
- Критерий 4 – двунаправленное планирование.

В ходе проведения расчетных экспериментов было составлено 12 расписаний для технологических процессов разных типов и критериев.

В качестве исходных данных были рассмотрены технологические процессы с разной длительностью технологических операций:

- технологические операции с малым временем обработки (1-10 о.е.);
- технологические операции с длительным временем обработки (10-100о.е.);
- технологические операции с комбинированным временем обработки (1-100о.е.).

Результаты планирования представлены в таблице 4.

Таблица 4- Результаты планирования

Критерий оптимальности Тип технологической операции		Критерий 1	Критерий 2	Критерий 3	Критерий 4
Тип 1	с малым временем обработки	70	59	66	56
Тип 2	с длительным временем обработки	250	354	349	242
Тип 3	с комбинированным временем обработки	180	312	304	211

На основании экспериментов была составлена зависимость времени обработки от критериев оптимальности (рисунок 3.23).

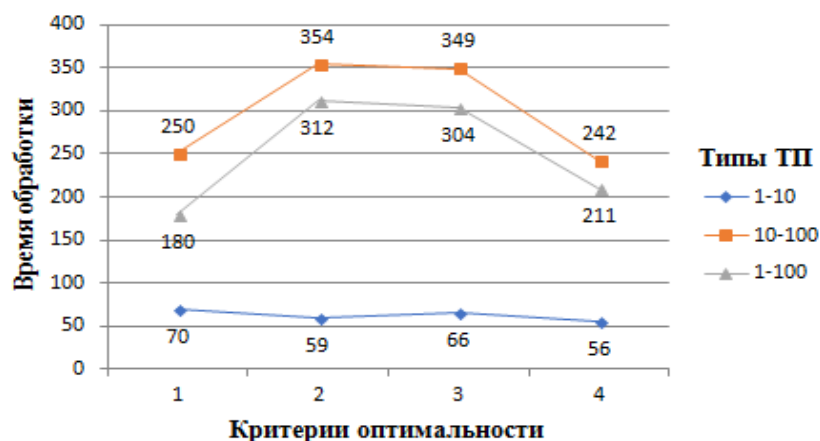


Рисунок 3.23- Зависимость времени обработки от критериев оптимальности

Для рассмотренных технологических процессов типа 1 время обработки не сильно зависит от критерия оптимальности. Для технологических процессов типа 2 при использовании первого критерия оптимальности получается минимальное время обработки, разница между минимальным и максимальным временем обработки составляет 46%. Для технологических процессов типа 3 при использовании четвертого критерия оптимальности получается минимальное время обработки, разница между минимальным и максимальным временем обработки составляет 74%.

3.5 Составление отчетов

Чтобы сохранять конкурентоспособность в современных рыночных условиях, необходимо постоянно иметь под рукой самую свежую информацию о состоянии своего бизнеса и иметь возможность оперативно обмениваться ею не только с собственными подразделениями, но и с партнёрами, поставщиками и заказчиками.

Для решения этой задачи в системе Preactor были встроены средства генерации отчётов на базе Microsoft Reporting Services. Отчёты могут генерироваться как локально, так и удалённо (при необходимости размещения отчётов в веб-сети с помощью сервера отчётности Microsoft SQL Reporting Services Server).

После успешной установки отчётов их список будет отображаться в панели Reports (Отчёты) окна планировщика (рисунок 3.24). Если эта панель не видна, включите её показ командой Reports (Отчёты) меню View (Вид).

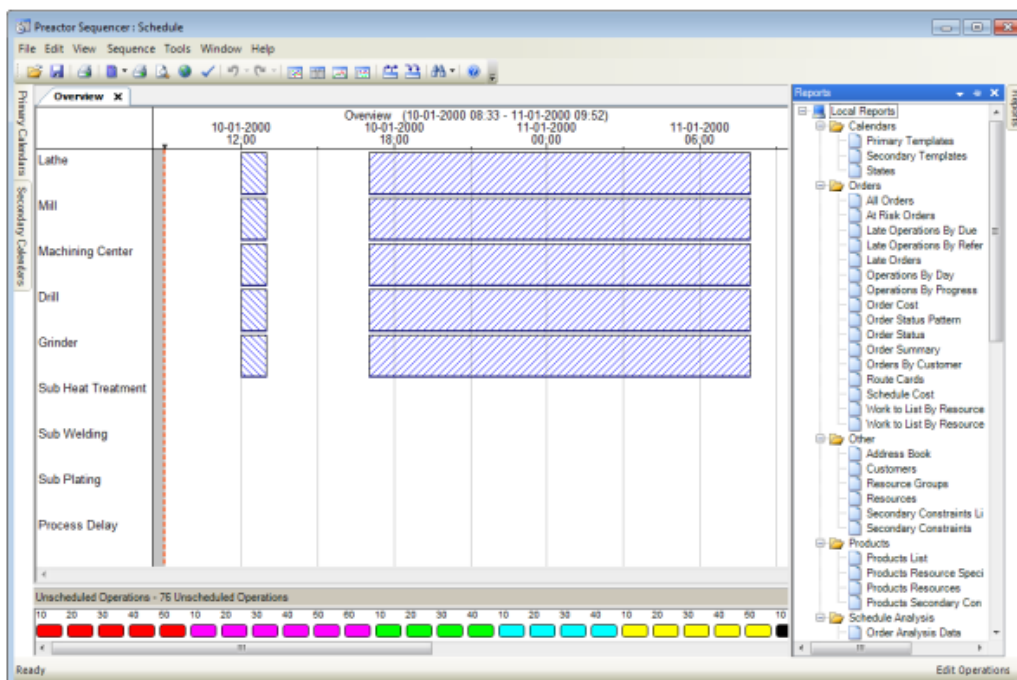


Рисунок 3.24 – Панель Reports (Отчёты) окна планировщика

Система Preactor поставляется вместе с набором готовых отчётов и сводок.

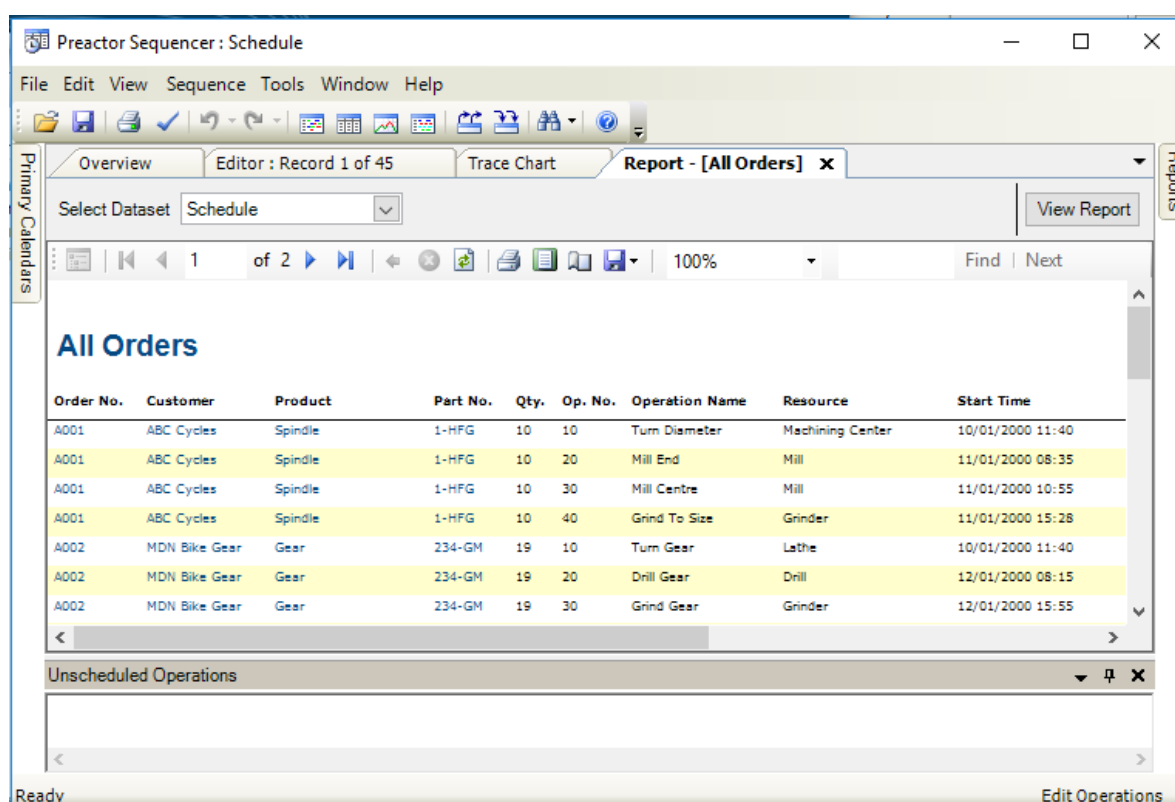
Чтобы сгенерировать отчёт:

1. Выполните команду Reports (отчёты) меню View (Вид).

По умолчанию, окно отчётов со списком всех имеющихся отчётов отображается справа от главного окна. Локальные отчёты перечислены в группе Local Reports (Локальные отчёты).

2. Выберите требуемый отчёт, дважды щёлкнув кнопкой мыши на его названии.

Сгенерированный отчёт будет показан в главном окне планировщика(рисунок 3.25).



The screenshot shows the 'Preactor Sequencer : Schedule' application window. The 'Reports' menu is open, displaying a list of reports under the heading 'All Orders'. The report is a table with the following data:

Order No.	Customer	Product	Part No.	Qty.	Op. No.	Operation Name	Resource	Start Time
A001	ABC Cycles	Spindle	1-HFG	10	10	Turn Diameter	Machining Center	10/01/2000 11:40
A001	ABC Cycles	Spindle	1-HFG	10	20	Mill End	Mill	11/01/2000 08:35
A001	ABC Cycles	Spindle	1-HFG	10	30	Mill Centre	Mill	11/01/2000 10:55
A001	ABC Cycles	Spindle	1-HFG	10	40	Grind To Size	Grinder	11/01/2000 15:28
A002	MDN Bike Gear	Gear	234-GM	19	10	Turn Gear	Lathe	10/01/2000 11:40
A002	MDN Bike Gear	Gear	234-GM	19	20	Drill Gear	Drill	12/01/2000 08:15
A002	MDN Bike Gear	Gear	234-GM	19	30	Grind Gear	Grinder	12/01/2000 15:55

Below the table, there is a section for 'Unscheduled Operations' which is currently empty. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Sequence, Tools, Window, Help), a toolbar, and a status bar at the bottom showing 'Ready' and 'Edit Operations'.

Рисунок 3.25 – Сгенерированный отчет

Система позволяет генерировать отчёты на основе разных сохранённых ранее расписаний. Для этого следует выполнить команды Select Dataset (Выбор

набора данных) для определения требуемых данных и View Report (Показать отчёт) для генерации отчёта на основе выбранного набора данных.

Были изучены функциональные возможности системы Preactor и составлены оптимальные расписания для технологических процессов разных типов при расчете критериев оптимальности прямого и двунаправленного планирования. Составлена методика планирования, включающая следующие этапы производственного планирования в APS-системе Preactor:

1 Постановка задачи планирования: анализ технологических маршрутов в рамках изготавливаемого изделия, анализ технологической карты для ДСЕ, назначение приоритетов запуска ДСЕ в производство(используемые станки, производимые ДСЕ, длительность технологической операции для каждой ДСЕ на каждом рабочем месте/станке).

2 Загрузка данных сгенерированных на этапе 1 в Preactor: загрузка ресурсов, распределение ресурсов по цехам, загрузка маршрутных карт.

3 Загрузка заказов в планировщик: загрузка данных введенных на этапе 2.

4 Выбор критерия оптимальности для поставленной задачи: прямой метод планирования(с увеличением приоритетов, с уменьшением приоритетов, по дате завершения), двунаправленный метод планирования.

5 Составление оптимального расписания.

6 Анализ полученного расписания.

7 Формирование отчетов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Составление производственных расписаний для производственных предприятия является сложной трудоемкой работой, требующей предварительного анализа условий производства в каждом цехе. В современных условиях задачи составления производственных расписаний должны решаться только с использованием продвинутых систем управления – APS-систем.

Передовые программные решения, такие как Preactor APS, действительно способны помочь производству получать прибыль, причем даже там, где это меньше всего ожидается. Это особенно важно сегодня, когда ситуация на рынке вынуждает экономить, и надо находить новые возможности, чтобы оставаться конкурентоспособным.

Система Preactor позволяет повышать эффективность производственного процесса благодаря составлению подробных нарядов на работу, своевременному извещению о любых отклонениях от расписаний и т.д. — то есть благодаря важнейшим с точки зрения эффективности и управляемости производственного процесса функциям.

В результате данной ВКР был изучен потенциал современных APS-систем, сформирована задача APS-планирования, составлена пошаговая инструкция пользователя и на основе этой инструкции была разработана методика информационного сопровождения процесса производственного планирования на базе APS-системы при формировании и изменении портфеля заказов.

Составлена методика планирования, включающая следующие этапы производственного планирования в APS-системе Preactor:

- 1 Постановка задачи планирования: анализ технологических маршрутов в рамках изготавливаемого изделия, анализ технологической карты для ДСЕ, назначение приоритетов запуска ДСЕ в производство(используемые станки,

производимые ДСЕ, длительность технологической операции для каждой ДСЕ на каждом рабочем месте/станке).

2 Загрузка данных сгенерированных на этапе 1 в Preactor: загрузка ресурсов, распределение ресурсов по цехам, загрузка маршрутных карт.

3 Загрузка заказов в планировщик: загрузка данных введенных на этапе 2.

4 Выбор критерия оптимальности для поставленной задачи: прямой метод планирования(с увеличением приоритетов, с уменьшением приоритетов, по дате завершения), двунаправленный метод планирования.

5 Составление оптимального расписания.

6 Анализ полученного расписания.

7 Формирование отчетов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДСЕ – детали и сборочные единицы

ЖЦП – жизненный цикл продукции

ОЦ – обрабатывающий центр

МР – материальные ресурсы

РЦ – расчетный центр

APS – AdvancedPlanning&Scheduling

ERP – EnterpriseResourcePlanning

MES–ManufacturingExecutionSystem

SCADA – SupervisoryControlandDataAcquisition

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Информатизация бизнеса: концепции, технологии, системы/ Карминский А.М., Карминский С.А., Нестеров В.П., Черников Б.В. // Под ред. А.М. Карминского. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Финансы и статистика, 2004. – 624 с.

2 Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. и научн. редакцией профессора В.И. Сергеева. — Москва: ИНФРА-М., 2005. – 976 с.

3 Иванов, Д.А. Логистика / Д.А. Иванов. – Москва: Вершина, 2006. – 176 с.

4 Если у вас проблемы с планированием, значит, вы планируете себе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.up-pro.ru/library/production_management/planning/problemi_s_plan.html

5 Загидуллин, Р.Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP /Р.Р. Загидуллин. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 372 с.

6 Иванов, Д.А. Управление цепями поставок / Д.А. Иванов. – Санкт-Петербург: Политехнический университет, 2009. – 660 с.

7 Загидуллин, Р.Р. Оперативно-календарное планирование в гибких производственных системах /Под. ред. В.Ц. Зориктуева. – Москва: Изд-во МАИ, 2004. – 208с.

8 Система оперативно-календарного планирования автоматизированного механообрабатывающего мелкосерийного производства на основе комплексных моделей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://knigi.link/proizvodstva-avtomatizatsiya/sistema-operativno-kalendarnogo-planirovaniya.html>

9 Advanced Planning & Scheduling [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://community.oracle.com/community/oracle-applications/e-business/supply-chain-management-scm/advanced_planning_and_scheduling_aps

10 PREACTOR – Система для планирования производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gk-it-consult.ru/solutions/simatic-it-preactor/>

11 APS-система ORTEMS – оперативное планирование производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ortems.ru>

12 Преимущество Галактика АММ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.galaktika.ru/amm/preimushhestva-galaktika-amm.html>

13 Preactor (APS-система) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intenta-it.ru/resheniya/program-solutions/preactor-aps/>

14 Система планирования и диспетчеризации производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rtsoft.ru/catalog/detail.php?ID=341>

15 Операционный менеджмент / Пивоваров С. Э., Максимцев И. А., Рогова И. Н. и др./ Санкт-Петербург: Питер, 2011. – 544 с.

16 Ильин, А.И. Планирование на предприятии: учеб. пособие/А.И. Ильин.- 7-е изд., испр. и доп. –Минск: Новое знание, 2006. – 668 с.

17 СТО 4.2 07 2014. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Взамен СТО 4.2 07 2012; дата введ. 30.12.2013. – Красноярск, 2013. – 60с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Версии Preactor

	Express	200 FCS	300 FCS	APS
Прямой, обратный и двунаправленный способ планирования	+	+	+	+
Основные критерии планирования (последовательность по датам, приоритетам)	+	+	+	+
Интерактивные операции (перемещение объектов, редактирование данных, разбиение партий)	+	+	+	+
Жесткое/гибкое управление операциями	+	+	+	+
Управление заказами и операциями по срокам запуска и готовности	+	+	+	+
Автоматизированный выбор альтернативных маршрутов. Индивидуальные технологические маршруты для заказов. Параллельные операции внутри технологических маршрутов	+	+	+	+
Производительность процесса в деталях, часах, партиях	+	+	+	+
Учет конечных и бесконечных ресурсов, поддержка множества режимов сменности, индивидуальный учет нерабочего времени	+	+	+	+
Автоматический выбор ресурсов для обрабатывающих станков	+	+	+	+
Ограничение на ресурсы для операции	+	+	+	+
Автоматический выбор станка среди множества единиц универсального оборудования	+	+	+	+
Определяемые пользователем состояния и коэффициент использования ресурсов	+	+	+	+
Ручная и диалоговая разбивка, планирование техобслуживания и т.д.	+	+	+	+
Графические и структурные отчеты	+	+	+	+
Контроль исполнения заказов, диаграммы Ганта, схемы простоев	+	+	+	+

Продолжение приложения А

	Express	200 FCS	300 FCS	APS
Конфигурируемые пользователем базы данных, меню, отчеты и специализированные процедуры		+	+	+
Дополнительные ограничения для операций и схем		+	+	+
Определяемые ресурсами длительности загрузки оборудования		+	+	+
Сортировка, перемещение и размножение партий, отмена заказов		+	+	+
Оценка возможностей производства для выполнения объема заказов		+	+	+
Автоматическая коррекция расписания посредством связи с другими программами через ActiveX		+	+	+
Множественные ограничения для каждой операции			+	+
Ограничения для последующей операции в зависимости от текущей			+	+
Выбор ресурсов, установление перерывов в работе			+	+
Максимальная длительность операции и интервал задержки до начала следующей операции			+	+
Последовательная и параллельная обработка партий на каждой стадии технологического маршрута			+	+
Учет изменений в партиях и промежуточные расчеты			+	+
Имитация емкостей и линий заполнения			+	+
Реализация окончательной и промежуточной сборки изделий			+	+
Автоматическое разбиение и объединение партий в процессе импорта данных из MRP-системы				+
Автоматическое объединение операций из различных заказов				+
Последовательное и параллельное планирование операций различных заказов				+

Окончание приложения А

	Express	200 FCS	300 FCS	APS
Стандартные правила диспетчирования (предпочтительные последовательности, критические соотношения)				+
Стандартные алгоритмы, минимизация объема незавершенного производства, расшивка узких мест				+
Специфичные правила для заказа, продукта или ресурса				+
Функции создания правил с использованием Visual Basic				+
Модуль динамического управления материалами				+
Сервер планирования сети поставок				+
Распределенное планирование				+
Удаленные СТР и АТР-операции				+