



Тема доклада:

Операционная модель производства как стандартный компонент средств оперативного планирования позаказного производства

Докладчик:

Архангельский В. Е.

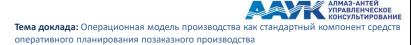
ИТОПК17-АрхангельскийВЕ-С_Заметками102.ppt

ААУК - это ИТ-предприятие в Концерне ВКО Алмаз-Антей. В Концерне - более 60 предприятий (ДО), тесно связанных кооперацией (разработчики, изготовители, сервисное обслуживание). Наша организация (ААУК) в Концерне специализируется на оказании ИТ-услуг.

В Концерне принята единая ИТ-Политика в области автоматизации управления и внедрения автоматизированных систем (АС). В Политике тема планирования обозначена как важная, установлено, что задачи проектно-производственного планирования должны решаться на уровне предприятий, на уровне Концерна, с учетом кооперации и ресурсной обеспеченности.

В Концерне на 40 предприятиях уже проведен ИТ-аудит. Мы имеем разнородный ИТ-ландшафт АСУ: есть системы собственной разработки, есть промышленные решения известных фирм. Ha предприятиях модернизация производства, объемы растут, развивается кооперация. Производство в целом находится в фазе существенного роста. Функционал АСУ и планирования также развивается, но сегодня верхней планкой является достижение возможности укрупненного планирования ПО объемным показателям в границах одного ДО.

На сегодня этот уровень в общем соответствует уровню зрелости производственной системы. Но не более, чем на сегодня. Нужно большее: больше функций, меньше сроков-денег-рисков внедрения. Относительно масштабирования сегодняшнего состояния под растущие требования есть сомнения.



Управленческая задача

• контролировать и целенаправленно формировать ИТ-ландшафт на ДО Концерна.

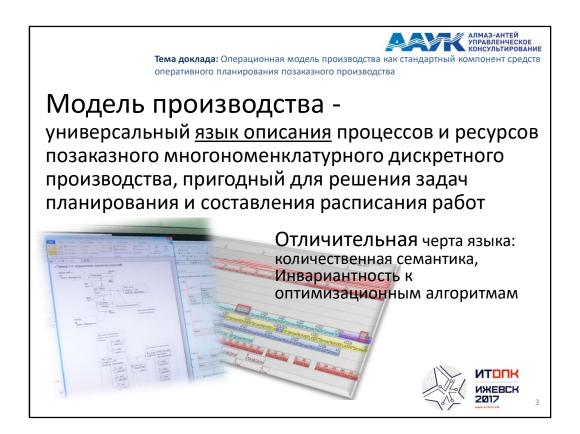
Устанавливать требования к АС, оценивать применимость АС к конкретным условиям производства, проводить функциональные приемочные испытания. Строить оптимизированные планы, сбалансированные по ресурсам. От АС нужны гарантии, что они могут производить нужные расчеты.

Чтобы получить большее, мы должны решать управленческую задачу - контролировать и целенаправленно формировать ИТ-ландшафт на ДО Концерна. Для этого надо устанавливать требования к АС, оценивать применимость АС к конкретным условиям производства, проводить функциональные приемочные испытания. Надо не просто строить сбалансированные по ресурсам планы, нужны оптимизированные планы. И от АС нужны гарантии, что они могут производить нужные расчеты.

Я сужаю рассмотрение от общей проблематики автоматизации управления производством до критической проблемной части - до части, связанной с вычислительно сложной задачей планирования и построения расписания работ. Безусловно, важен материальный учет, управление бизнес-процессами, документооборот, качество нормативных данных, и прочее. Но именно в реализации расчетной части — та проблема, которая проявит себя в ближайшем будущем, будет препятствием для построения эффективной системы управления промышленными предприятиями.

И эта проблема не математическая, не алгоритмическая (в том смысле, что к математикам нет претензий- они справляются).

Проблема: как перейти на язык содержательных функциональных требований и проверки соответствия при разработке и внедрении АС планирования для производства?

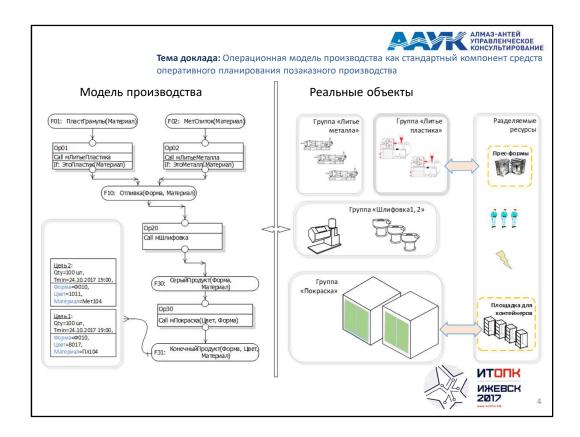


Предлагается универсальный язык описания объекта управления.

Можно сказать - "UML для планирования процессов производства".

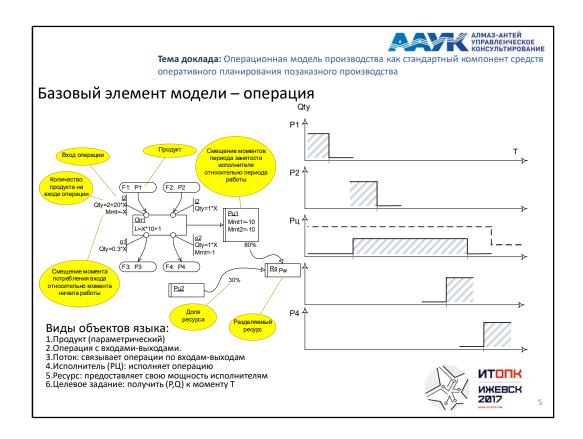
Язык описывает продукты-процессы-оборудование.

Описывает возможности производства - что может делать участок, цех, предприятие.



На слайде укрупненная процессная модель для производственных участков.

Справа - реальные объекты, слева - укрупненные процессы.



Базовый элемент языка - операция.

Операция связана отношением с Исполнителем, Исполнитель- с разделяемым Ресурсом (пример разделяемого ресурса - потребляемая электроэнергия).

Исполнительная семантика операции описывается в виде количественных графиков:

- входы операции потребляются, необходимое количество продуктов должно быть в наличии,
- выходы создаются в требуемом количестве,
- мощности Исполнителя и Ресурса временно изымаются из обращения.

Мощности Исполнителей, Ресурсов – могут быть ограничены пределом.



Место модели в системе -

- (1) Модель производства универсальный метод описания производственных процессов и ресурсов;
- (2)оптимизирующий планировщик, реализующий планирование портфеля заказов с учетом текущей загрузки производственных ресурсов, управляемый моделью производства;
- (3) **MES/APS система** с функциями планирования и диспетчирования, использующая *планировщик*, реализующая: систему управления заказами, учет материалов и ресурсов, ведение нормативно-справочной информации, расчет себестоимости,



.

Язык описывает продукты-процессы-оборудование. Описывает "что может сделать участок, цех, предприятие".

Как это связано с задачами управления производством?

Язык описания процессов - это часть АС.

Еще есть планировщик - расчетный оптимизирующий движок. Входом для него является модель производства, состояние системы: графики количества продуктов, календари, графики занятости исполнителей и ресурсов. Выходомоптимизированное расписание работ.

Пользовательский уровень- это законченная система (ERP, MES, APS), в которую интегрирован расчетный движок.

Роль языка- это описание объекта управления "продукты-процессы-оборудование".



Требования к модели производства -

- Вид производства позаказное, многономенклатурное, дискретное
- **Детальность** описания процессов и ресурсов: групповые операции, переналадки, сроки годности, ...
- Пригодность для решения оптимизационных задач планирования и составления расписания работ
- Независимость от оптимизационных алгоритмов
- Абстрактность: унифицированные примитивы для разной производственной деятельности (электронная промышленность, пищевая, машиностроение, полиграфия, производство тары и упаковки, мебельное производство, ...)



7

Язык является интерфейсом между ERP и расчетным движком.

Он "прячет" от ERP специфику расчетной задачи построения расписаний, отраслевую специфику производства.

Чтобы изолировать внутреннюю проблематику планирования язык должен соответствовать определенным требованиям:

- 1. Описывать производство определенного вида: позаказное, многономенклатурное, дискретное.
- 2. Обеспечивать такие детали описания процессов и ресурсов, как групповые операции, переналадки, сроки годности,
- 3. Форма описания производства должна быть пригодна для решения оптимизационных задач планирования и составления расписания работ.
- 4. При том язык должен быть независим от оптимизационных алгоритмов.
- 5. Язык должен быть абстрактным: предлагать унифицированные примитивы для разной производственной деятельности (производство РЭА, машиностроение, полиграфия, пищевая, производство тары и упаковки, мебельное производство, ...).



Решаемые задачи:

- «исполнение предприятием принятых обязательств по изготовлению продуктов»: построить расписание при заданных директивных сроках.
- «принятие предприятием обязательств по изготовлению продуктов»: построить расписание и определить срок скорейшего исполнения заказа.
- Все задачи портфельные. В портфеле смесь «исполнения» и «принятия» обязательств, приоритеты заказов.
- Обязательный учет ограничений, связанных с производственными ресурсами (мощности, доступность, календари).



Есть требования к расчетным способностям - какие задачи надо решать:

- «исполнение предприятием принятых обязательств по изготовлению продуктов»: построить расписание при заданных директивных сроках.
- «принятие предприятием обязательств по изготовлению продуктов»: построить расписание и определить срок скорейшего исполнения заказа.
- Все задачи портфельные. В портфеле смесь «исполнения» и «принятия» обязательств, приоритеты заказов.
- Обязательный учет ограничений, связанных с производственными ресурсами (мощности, доступность, календари).



Решаемые задачи: planning & scheduling

- Планирование: определение состава работ (в сети операций для заданных целевых продуктов ищется сценарий производства с учетом ресурсных ограничений)
- Построение расписания: оптимальное назначение времени исполнения работ (с учетом ресурсных ограничений)
- Возможно последовательное или совместное решение этих двух задач



Обращаю внимание, что форма описания предполагает решение двух задач:

- 1. определение состава работ,
- 2. и собственно построение расписания.

Язык дает возможность совместного решения этих задач. Подобный подход шире, чем просто управление конфигурацией изделий.



Пример, демонстрирующий вычисление состава работ.

Описание процесса (диаграмма слева на рисунке) определяет разные способы получения конечного продукта, который м.б. из металла или пластмассы.

Сценарий и состав работ (справа) будет разным для разных продуктов, в зависимости от материала.



Детальность описания процессов:

- Групповые операции (динамические сборы): термообработка, гальваника, покраска
- Операции в сборе
- Сроки годности, ограничения на межоперационные времена
- Возвратные материалы
- Переналадки, обеспеченность оснасткой
- Межоперационные буферы
- ...



Выше говорилось, что нам требуется описание процессов с определенным уровнем детальности. Конкретно, о чем речь идет:

- Групповые операции (динамические сборы): термообработка, гальваника, покраска.
- Операции в сборе.
- Сроки годности, ограничения на межоперационные времена.
- Возвратные материалы.
- Переналадки, обеспеченность оснасткой.
- Межоперационные буферы.
- ...

Мы должны соотносить описательные возможности языка с этими требованиями.

На следующем слайде- приведен конкретный пример, моделирующий группу станков с оснасткой.



Обращаю ваше внимание на лаконичность описания. Всего 5 графических элементов отражают главную логику.

Слева процесс-операция Op1: это функция выхода P1 от входа P0, продукт P1 представлен в параметрической форме.

Справа - исполнительный ресурс процесса Wc1 — станочная группа. Экземплярная детализация Wc1 (состав группы станков) не затеняет структуру. В данном примере состав определяется за пределами модели - во внешней БД, через связующее описание тТПА в форме SQL - предложения.

Связь операции Op1 с ресурсом Wc1 параметризована. Через внешнюю функцию ПрессФормаДля (это может быть любая функция!) установлено соответствие между параметром продукта «Форма» и оснасткой Исполнителя - «Прессформа».

Допустимые состояния оборудования (установленные прессформы) выражены лаконично, конкретный перечень состояний (тПрессФорма) вынесен во внешнюю БД.

Специальные возможности языка определяют синхронизацию внешних данных (из БД) с состоянием модели и результатами расчетов - готовых расписаний, гарантируя целостность: убрали из справочника в БД уже задействованную в расписании прессформу - получили диагностику.



Еще пример, демонстрирующий модульность и повторное использование описаний.

Процесс «Покраска» описан в **обобщенной форме, независимой от конкретных продуктов**.

Модуль имеет внутреннюю часть - реализацию, и внешнюю часть - интерфейсную (в примере не показано), т.е. внутренняя сложность процесса спрятана.



Модельные абстракции:

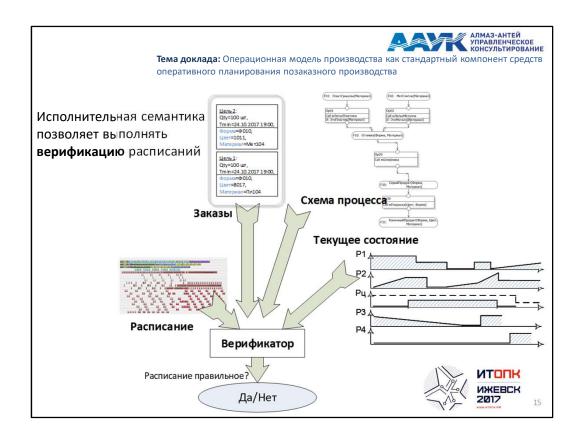
- График количества-времени (кусочно-линейный) для продуктов, мощности и доступности ресурсов,
- Параметрический продукт с количественным измерением.
- Операция трансформация входных продуктов в выходные.
- Продуктовый поток связывает операции друг с другом.
- Модуль как способ декомпозиции и повторного использования описания процесса.
- Механизм описания динамических сборов по произвольным признакам.
- Механизмы связывания операций: статический, динамический, вызов модуля.
- Состояния исполнителей (РЦ).
- ...



Выразительная сила языка определяется составом модельных абстракций.

Эти абстракции лишены отраслевой конкретики, обобщены по результатам работы с конкретными производственными ситуациями.

Состав абстракций апробирован на нескольких достаточно сложных примерах позаказного производства.



Отдельно хочу остановиться на моменте, связанном с верификацией результатов расчета.

Спецификация языка фиксирует количественную семантику исполнения процесса. Это дает ценную возможность: использовать специальную программу- «Верификатор». Сложность ее относительно низкая, по сравнению с движками построения расписания.

«Верификатор» позволяет соотносить конкретную модель - схему конкретного производства — с любым расписанием, построенным любым алгоритмом. «Верификатор» отвечает на вопрос - правильное расписание или нет.

Все очень просто: схема определяет область допустимых значений (ОДЗ) для расписаний, верификатор проверяет- решение в ОДЗ?

Критерии оптимизации расписания находятся вне модели. Однако, наряду с «Верификатором», можно использовать программу «Оценка» для оценки качества оптимизации по распространенным критериям. Библиотека критериев позволяет проводить сравнительное объективное (!) тестирование разных реализаций движков.

Как «Верификатор», так и «Оценка» - не связаны с алгоритмами, обслуживают любой движок построения расписаний.



Возможность верификации позволяет:

- проводить аттестацию ПО:
- - на функциональное соответствие;
- - на нагрузочную способность;
- - на тестовые задачи.
- создавать тестовые наборы, тестовые задачи на конкретные ситуации.



Возможность Верификации и Оценки позволяет:

- проводить аттестацию ПО "движка-построителя расписаний":
- - на функциональное соответствие;
- - на нагрузочную способность;
- - на тестовые задачи.
- создавать тестовые наборы, тестовые задачи на конкретные ситуации

Все это возможно, и не завязано на движок построения расписания. Это независимый инструментарий.



Проблематика автоматизации планирования:

- 1. Выразимость модели производства: состав абстракций языка описания процессов, абстрактный синтаксис и формальная семантика, достаточность для конкретных производственных ситуаций.
- 2. Наглядная **коммуникационная форма** для описания процессов, трассировки их исполнения, конкретный синтаксис языка (диаграммы, текст).
- 3. Оптимизирующие алгоритмы построения расписания. Модель фиксирует постановку задачи в строго формальной форме (т.к. результат расписание всегда верифицируем). Конкретная схема определяет ОДЗ для расписаний в форме, свободной от отраслевой и предметной специфики, независимой от контекста применения. Модель допускает не ограниченное множество алгоритмов как общего характера, так и алгоритмов решения частных задач.



17

Предлагаемый подход выделяет следующие достаточно автономные области в проблематике планирования и построения расписания работ:

- **выразимость** языка описания производства, состав абстракций. Состав надо соотносить с конкретными производственными ситуациями, которые надо оформлять *каталогом-справочником*.
- коммуникация. Разработка конкретного синтаксиса и графического дизайна опирается на абстрактный синтаксис. Это отдельная задача- обеспечить должную эргономику.
- оптимизация математика, алгоритмика.



Тема доклада: Операционная модель производства как стандартный компонент средств оперативного планирования позаказного производства

- Разработка языка устанавливает новые ориентиры в части оценки АС планирования и установления требований к ним. У АС должны быть модели, и они д.б. декларированы с точностью до количественной исполнительной семантики. Это значит: однозначная трактовка «исполнения расписания», однозначный ответ на вопрос о правильности и допустимости любого расписания, построенного любым алгоритмом, для заданной «схемы производства».
- Подобные модели позволяют оценить применимость систем в конкретных производственных условиях до начала проекта внедрения.



В начале доклада я говорил об управленческой задаче для систем планирования - надо иметь возможность целенаправленно формировать ИТ-ландшафт, через управление требованиями на этапах разработки ПО, внедрения ПО, соотнося требования с конкретной производственной, отраслевой и процессной спецификой, выраженной в понятиях: динамический сбор, операция в сборе, сроки годности, межоперационные буферы,

Необходимо убрать заказную часть работы, связанную с функционалом планирования, из ERP-MES проектов, выполняемых для конкретных предприятий.

Необходима априорная оценка применимости систем конкретных производственных условиях. Применимость систем конкретных производственных условиях должна проверяться до начала проекта внедрения. Ключевую роль при этом играет модель производства с формальной исполнительной семантикой соответствующими выразительными возможностями.

Сейчас возможности внедряемой системы в части планирования для дискретного производства не специфицируются должным образом. И это не вина разработчиков систем. Ни одна из отечественных и зарубежных систем планирования не декларирует модель объекта управления. Дело в том, что отсутствует соответствующий понятийный аппарат.



• Разработка языка открывает возможность привлечения математики с сильной оптимизацией в промышленные средства планирования дискретного производства, т.к. фиксирует практически значимую типовую постановку массовой задачи. Модель с семантикой определяет ОДЗ для расписаний. Сегодня сильная математика в АС — это экзотика.



Использование модели производства открывает возможность привлечения математики с сильной оптимизацией в промышленные средства планирования дискретного производства, т.к. фиксирует практически значимую типовую постановку массовой задачи.

Следует признать логически обоснованным требование Заказчика:

• У АС планирования должна быть декларированная модель с количественной семантикой как неотъемлемая часть системы.

Иначе мы не можем нормально работать с функциональными требованиями.

Все вышеизложенное - это пример подобной модели.

Эта модель родилась не с чистого листа, за ней стоит апробация в рамках двух проектов (TrioProd и ААУК ВИП Производство). Проверена концепция, полнота языковых абстракций, возможность реализации расчетных движков (реализовано в программном коде 2 варианта - с большими объемами данных, полнофункциональный).

Аналоги предлагаемой модели производства в зарубежный и отечественных системах отсутствуют, сама постановка задачи в таком разрезе отсутствует.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

КОНТАКТНЫЕ ДАННЫЕ:

Архангельский Владимир Евгеньевич начальник отдела корпоративного аудита ООО «Алмаз-Антей управленческое консультирование»

Тел/факс: +7 (499) 940-11-12

e-mail: varkhangelsky@almazantey.ru



Сегодня ААУК готов перейти от опытно-исследовательской работы к разработке спецификации модели и языка для планирования в завершенном промышленном исполнении.

Главная роль языка для планирования — унифицированный интерфейс между ERP-MES-APS системами и специализированным средствами планирования и составления расписания работ. Язык локализует проблематику планирования, изолируя внешние системы от внутренней сложности, позволяет разрабатывать стандартные компоненты — решатели, подключать их к любым ERP-MES-APS системами, поддерживающим спецификации модели производства.

В промышленной реализации языка заинтересованы все участники: разработчики ERP-MES-APS систем с функцией планирования, внедренцы подобных систем, математики-алгоритмисты, конечные пользователи.

Принятие унифицированного языка для планирования процессов дискретного производства в качестве открытого, общедоступного стандарта, его поддержка разработчиками программного обеспечения окажет прямое влияние на возможности и качество автоматизации планирования производственных процессов.