

УДК 658.51

Юсифова Л.С.

Орловский государственный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЗАДАЧЕ ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

L. YUSIFOVA

Orel State University

PRODUCTION AND LOGISTIC MODELING IN OPERATIONAL SCHEDULING

Аннотация. В статье рассматривается проблема моделирования производственных процессов, проводится критический анализ существующих методик моделирования, в ходе которого выясняется, что данные методики не учитывают пространственно-временных аспектов производственного планирования. Предлагается авторский подход к моделированию производственно-логистических и сопутствующих процессов предприятия, отличительной особенностью которого является учет не только качественных, но и количественных характеристик таких процессов. Демонстрируются возможности применения разрабатываемого подхода (в рамках информационной системы) для решения задач оперативно-календарного планирования.

Ключевые слова: автоматизация, производственный процесс, бизнес-процесс, многопродуктовые сети, оперативно-календарное планирование.

Abstract. The article deals with the problem of production process modeling. The most common modeling techniques are critically analyzed as they do not take into consideration the spatiotemporal aspects of industrial planning. The author suggests her own approach to production and logistic modeling and all of the associated processes. The key feature of the proposed approach is to take into account not only the qualitative but also the quantitative characteristics of the production process. The author demonstrates the possibilities of application of the proposed method (within the information system) to operational scheduling.

Key words: automatization, production process, business process, multicommodity networks, operational scheduling.

Современные подходы к управлению требуют формализации представлений как о внутренних, так и о внешних процессах предприятия, точной дифференциации ролей участников этих процессов, их прав и ответственности. В связи с этим возникает потребность в удобной инструментарии, позволяющей облегчить управление, планирование и контроль на всех уровнях [5, с. 42]. Подобным средством может стать бизнес-моделирование – метод, позволяющий оценить текущую деятельность того или иного предприятия по отношению к требованиям, предъявляемым к его управлению, функционированию, конечным результатам

деятельности, эффективности и степени удовлетворённости клиента [6, с. 98].

Для моделирования бизнес-процессов используются как структурный, так и объектноориентированный подходы [4, с. 226-235]. В рамках данных подходов разработаны различные нотации для моделирования бизнес-процессов, среди которых наиболее распространены [2, с. 6]:

- метод функционального моделирования SADT (IDEF0);

- метод моделирования процессов IDEF3;

- моделирование потоков данных DFD;

- спецификация BPMN;

- методология ARIS (eEPC);

- методы, базирующиеся на спецификации языка UML.

К неоспоримым достоинствам указанных средств моделирования можно отнести возможность отображения порядка и условий выполнения работ, простоту документирования и возможность декомпозиции процессов [6, с. 162]. Однако, несмотря на все эти преимущества, можно выделить и ряд общих недостатков упомянутых средств с точки зрения моделирования производственно-логистических процессов. Во-первых, сложность привязки рассматриваемых процессов к объективной действительности, выраженная в отсутствии временных, пространственных, функциональных и других показателей, вынуждающая довольствоваться в лучшем случае лишь структурой и отношением порядка исследуемых процессов. Во-вторых, ориентированность на узкую предметную область, а следовательно, и на конкретный вид потоков.

В-третьих, трудность отслеживания переходных состояний объекта в рамках описываемых процессов, входящая в прямое противоречие с необходимостью учета производимого продукта на всех фазах его жизненного цикла.

Наличие подобных пробелов объясняется тем, что большинство средств моделирования бизнес-процессов изначально создавались для разработки проектов информационных систем, где, действительно, во главу угла ставятся не пространственно-временные характеристики, а описание состава и последовательности работ [3, с. 21]. Рациональным выходом из сложившейся ситуации может стать разработка иного подхода к моделированию бизнес-процессов, предоставляющего широкий набор возможностей для описания условий протекания процессов, их качественных и, прежде всего, количественных характеристик. Именно количественная семантика и вычисляемость должны лечь в основу предлагаемого подхода, и именно благодаря им в дальнейшем будет осуществляться моделирование производственно-логистической деятельности объекта управления.

Ясно, что кроме самих модельных примитивов обязательно должны быть введены способы многоаспектной (пространственной, организационно-управленческой, классификационной и т.д.), возможно иерархической, агрегации экземпляров и классов примитивов с целью обеспечения разностороннего анализа, мониторинга и диспетчеризации процессов. Определенные типы подобных агрегатов (например, организационные) также могут стать составляющими процессов наряду с другими

ресурсами в многоуровневых моделях. Для того чтобы созданная в рамках предлагаемого подхода информационная модель объекта управления обладала необходимым функционалом, следует провести работы по следующим направлениям:

- классификации производственно-логистических процессов;
- типизации ролей участников производственно-логистических процессов;
- выявлению инвариантных ролевых характеристик объектов-участников производственно-логистических процессов;
- предложению способов расширения аспектных характеристик, вовлеченных в процесс, объектов и самих процессов для расширений модели;
- предложению способов валидации, верификации и введения пользовательских характеристик объектов в правилах и ограничениях, налагаемых на объекты и сам процесс;
- типизации межпроцессного обмена;
- типизации сигнатуры и контракта методов построения продуктовой сети на основе типизированных способов межпроцессного обмена и семантики, заложенной в модель типизированных процессов;
- по введению предметноориентированного символьного языка бизнес правил и управления потоками;
- предложению компонентов и алгоритмов для визуализации модельных примитивов их сетей и агрегатов;
- по введению единой учетной семантики (инвариантный способ определения заделов для любого типа процесса);
- по разработке взаимоднозначного отображения учетной семантики про-

цесса на бухгалтерский метод двойной записи;

по автоматической генерации значимых (юридической аспект, обычаи деловой практики и т.д.) документарных и иных представлений процессов и сети процессов.

С целью наиболее полной реализации приведенных функциональных требований необходимо задать достаточно гибкий набор модельных примитивов, позволяющих отобразить все значимые стороны производственно-логистических процессов. При этом предложенные примитивы должны позволять варьировать формальный и содержательный аспекты процесса – добавлять, удалять, изменять свойства и компоненты описываемых процессов и уровень их детализации, а также поддерживать возможность введения иерархической типизации процессов в рамках различных отображений структуры предприятия.

Для достижения наилучшей гибкости разрабатываемого аппарата моделирования было принято решение об использовании единственного базового примитива – процесса – с минимально возможным числом ограничений, накладываемых на количество и тип его компонентов. Процесс – совокупность действий, направленных на изменение или определение состояния некоторого объекта. В наиболее общем случае процесс можно представить как совокупность входов, выходов и задействованных процессоров. Рассмотрим эти компоненты подробнее. Вход процесса – ресурс, потребляемый или изменяемый при выполнении процесса. Для входа может быть определен ряд

характеристик. В числе последних: (1) количество ресурса, потребляемого в единицу времени, (2) длительность временного отрезка, в течение которого осуществляется подача ресурса процессу (если этот показатель равен нулю, подразумевается дискретная подача ресурса, в противном случае – непрерывная). Еще одна характеристика – (3) смещение момента подачи ресурса относительно момента начала процесса. Если некоторые из необходимых процессу ресурсов потребляются последовательно, целесообразно подавать их на вход процесса по мере необходимости, что и обусловит положительное смещение. Отрицательное же смещение используется в тех случаях, когда ресурс должен быть подан за некоторое время до начала процесса. Примером процессов с отрицательным смещением входов могут служить технологические процессы заполнения ванн химической обработки для предварительной подготовки металлов.

Выход процесса – результат преобразования входов. Выход процесса может быть описан тем же набором характеристик, что и вход. В случае выхода отрицательное смещение указывает на генерацию выхода до общего завершения процесса, а положительное – после. Процессор – ресурс (или набор ресурсов), посредством которого осуществляется преобразование входов процесса в его выходы. Для процессора определяется понятие «блокировка», характеризующее полную или частичную недоступность процессора для других процессов в течение некоторого отрезка времени. К основным характеристикам процессора можно отнести:

- длительность блокировки – время, на которое блокируется процессор;
- блокируемая мощность – процент от общей мощности процессора, необходимый для выполнения рассматриваемого процесса;
- смещение момента активации процессора относительно начала процесса;
- технологические инструкции, описывающие способ применения процессора в рамках текущего процесса.

Описанный набор характеристик позволяет вводить разнообразные основания для классификации процессоров, из которых наиболее часто применяется критерий мобильности. Так, можно выделить два типа процессоров. Стационарные процессоры (станки, доменные печи, или на более высоком уровне агрегации – цеха, участки) – структурируемые стационарные элементы, для которых может быть задан граф связи, отражающий возможности перемещения между ними. Мобильные процессоры (рабочие, транспорт, дефицитный инструмент), которые, как правило, используются для обслуживания стационарных процессоров. Их можно представить в виде пула ресурсов, которые могут быть распределены в рамках некоторой зоны – ареала мобильности, представленного в виде совокупности стационарных процессоров.

Количество процессоров, а также входов и выходов процессора не ограничено и, в частности, может равняться нулю. Рациональным представляется определение состава и компонент процесса в зависимости от их экономического смысла для предприятия и контекста моделируемой деятельности. Все приведенные выше характеристики

описывают нормативный процесс, отличающийся отсутствием привязки ко времени (календарю) и пространству. Нормативные процессы применяются для выстраивания технологической цепочки и, в общем случае, выступают в роли метаданных, характеризующих состав компонент процесса и общие требования к ним.

Как правило, технологические карты большинства современных изделий представляют собой достаточно крупную и сложную в плане организационной структуры сеть взаимосвязанных процессов [1, с. 460-463]. Наличие подобной сети обуславливает необходимость разработки механизма связывания процессов. Для каждой пары связанных процессов можно условно выделить процесс-поставщик (сервер) и процесс-потребитель (клиент). Процесс-потребитель выставляет спрос на некоторых ресурсы (входы), а процесс-поставщик обеспечивает соответствующее предложение (посредством своих выходов). Связь между процессами задает отношение предшествования (частичный порядок) и управляющее воздействие.

По связям могут передаваться потоки – ресурсы некоторого типа, участвующие в межпроцессном обмене. Потоки инкапсулируются в связи. Связь, не содержащая элементов потока, используется лишь для передачи управляющего воздействия. К характеристикам потока можно отнести: тип (материальный, финансовый, документарный и т.п.); экземпляр типа; количество; связанность с выходами процесса. Применение потоков в рамках рассматриваемой модели не ограничивается лишь иллю-

страцией перемещения ресурсов. Более важное назначение потоков заключается в их использовании при автоматической генерации продуктовых сетей для расчета потребности и предложения каждого процесса в рассматриваемый момент времени.

Дальнейшее применение модели предполагает построение нормативной процессной сети посредством связывания нормативных процессов, после чего происходит актуализация полученной сети путем проецирования на нее фактических ограничений, зависящих от специфики функционирования конкретного предприятия. Рассмотрим описанные работы на примере процесса изготовления партии из 150 микросборок измерителя уровня телевизионного сигнала (ИУТС) в рамках НПК микроэлектроники. В контексте поставленной задачи необходимо не только создать модель производственного процесса, но и составить оперативно-календарный план работ по изготовлению микросборки, оптимизированный по критерию времени. Причем известно, что без использования модели изготовление партии указанного размера занимает 28 дней. Для решения задач моделирования и дальнейшего проведения вычислительных экспериментов была использована среда ВИПРОС, основная функция которой – ускорение процесса проектирования, построения и ввода в эксплуатацию систем обработки информации.

На начальном этапе на основе нормативной документации было выделено 30 базовых производственно-технологических операций, необходимых для изготовления микросборки. Для каждой такой операции был сгенерирован со-

ответствующий нормативный процесс. Все полученные нормативные процессы были отнесены к классу производственных, так как в результате их выполнения происходит трансформация объекта «микросборка». Пример описания про-

цессоров одного из нормативных процессов представлен в табл.

После описания всего перечня нормативных процессов информация о них вводится в систему.

Таблица

Процессоры процесса «Проверка на термоциклирование»

Процессор	Тип	Блокируемая мощность, %	Длительность блокировки, мин.	Смещение, мин.
сушильный шкаф	стац.	50%	18600	0
камера крайне низкой температуры	стац.	50%	18600	0
регулятор радиоприемной аппаратуры, 3 разряд	моб.	100%	600	0

Второй этап моделирования предполагает генерацию нормативной сети процессов и ее корректировку в соответствии с имеющимися заделами. Синтез нормативной сети проводится рекурсивно, с учетом количества заказываемого изделия, для чего в систему должны своевременно быть введены основные сведения о заказе.

На первом шаге генерации нормативной сети из всего множества описанных процессов выбирается тот процесс, который генерирует требуемый заказчику выход. Создаваемое этим процессом на выходе число изделий сравнивается с размером заказа, а результатом сравнения является генерация необходимого числа процессов нижнего уровня. Затем для этого процесса определяется набор поставщиков и создается необходимое число обеспечивающих процессов. Описанная процедура повторяется

рекурсивно до тех пор, пока обеспечивающие процессы не будут иметь входов, производимых на моделируемом предприятии. Фрагмент нормативной сети, полученной в результате указанной процедуры, представлен на рис. 1.

После того, как сеть составлена, необходимо приступить к ее уточнению с учетом имеющихся заделов и контрактов. Известно, что лишь один процесс в рассматриваемой сети имеет входы, технология изготовления которых не указана. Следовательно, для подобных входов должен быть осуществлен поиск основного поставщика и генерация процессов оплаты и транспортировки. Кроме того, известно, что на момент поступления заказа в наличии имелись некоторые готовые узлы. Таким образом, сеть может быть усечена с учетом имеющихся заделов.

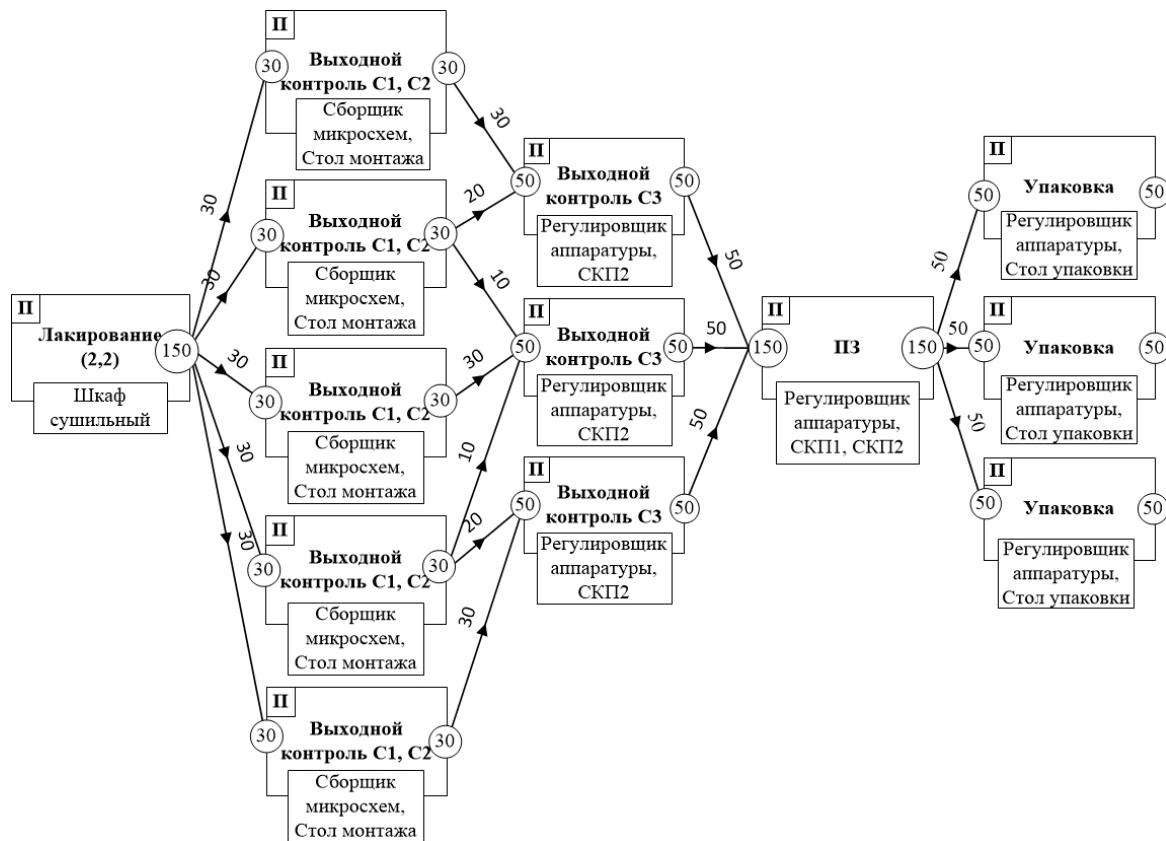


Рис. 1. Фрагмент нормативной сети

На следующем этапе моделирования должна быть описана структура производства, состав процессоров, их характеристики и принадлежность рабочим местам. Так, известно, что в состав НПК (т.е. в структуру стационарных процессоров) входят цеха, участки, складские помещения, а на более детальном уровне – станки и рабочие места. К числу мобильных процессоров можно отнести 45 сотрудников и 24 единицы оборудования. После того, как в систему введена вся необходимая информация, может быть произведен непосредственный расчет производственного расписания. Благодаря относительно невысокой размерности задачи и отсут-

ствию конкурирующих процессов для построения расписания представляется возможным построение глобальной процессной сети (графа работ) с последующим выделением оптимальной подсети. Результатом выполнения указанного действия является сформированное расписание работ, фрагмент которого представлен на рис. 2.

В качестве даты начала работ выступило директивно заданное число – 2.04.2012, общая продолжительность работ по производству 150 микросборок ИТУС составила 21 рабочий день, что на 25% меньше по сравнению со временем, затрачиваемым на изготовление заказанной партии без применения предложенной модели.

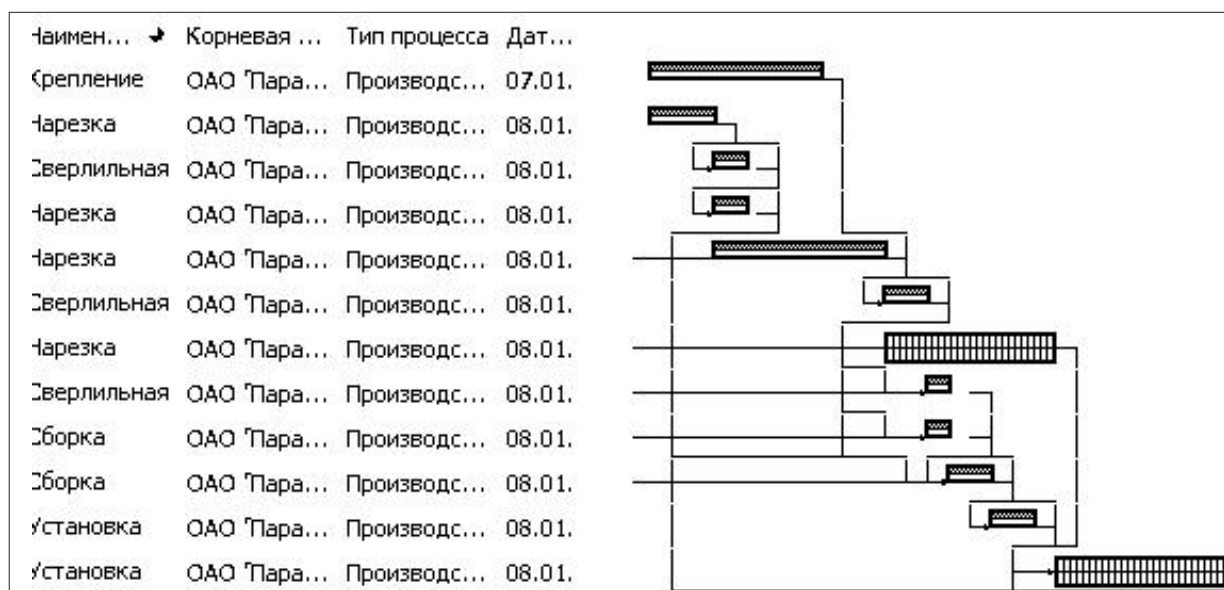


Рис. 2. Фрагмент оперативно-календарного плана

Таким образом, можно заключить, что разрабатываемая методика моделирования процессов позволяет минимальным количеством модельных примитивов описать разнотипные процессы и их взаимоотношения без потерь значимой информации о качественных и количественных параметрах объектов, ограничениях, налагаемых на их поведение, вычислимости и выводимости свойств этих объектов. Это является гарантом интерпретируемости и применимости модели в автоматизированных системах для генерации компактных многопродуктовых сетей. Следовательно, такой подход может применяться не только для модели-

рования, но и для дальнейшего планирования производственных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1969. – 560 с.
2. Вендоров А.М. Методы и средства моделирования бизнес-процессов (обзор) // Jet Info: информационный бюллетень компании. – 2004. – № 10 (137). – С. 3-32.
3. MES – теория и практика. Выпуск 1 (2009). – М.: MESA-International, 2009. – 78 с.
4. Репин В.В. Бизнес-процессы: моделирование, внедрение, управление. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 470 с.
5. Строев С.П., Желтиков А.А., Терентьева Л.Н. Концептуальная модель автоматизированной информационной системы финансового анализа «Афина» // Вестник МГОУ. Серия «Экономика». – 2012. – № 4. – С. 42-47.
6. Шеер А.-В. Бизнес-процессы: основные понятия, теория, методы. – М.: Просветитель, 1999. – 152 с.