
УДК 519.876.5

Имитационное моделирование в производстве авиационных и ракетно-космических систем. Что предшествует эксперименту?

Кабанов А. А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ,
Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия
e-mail: arezont@gmail.com*

Аннотация:

В статье рассматриваются вопросы методологии подготовки моделей объектов производственной системы для проведения имитационного моделирования. Отмечены особенности инженерного подхода к построению имитационных моделей. Уделено внимание программным продуктам, применяемым для имитационного моделирования производств машиностроительных предприятий.

Ключевые слова:

имитационное моделирование, производственный процесс, системы имитационного моделирования, сетевая модель

Высокий потенциал имитационного моделирования (ИМ) в применении к изучению поведения производственных систем известен уже достаточно давно. К началу 80-х годов прошлого столетия использование имитационного моделирования производственных процессов давало практические результаты для предприятий с числом рабочих мест в 200 единиц и номенклатурой 10 000 наименований деталей [1].

В настоящее время эффективность этих методов существенно возросла благодаря бурному развитию вычислительной техники и программного обеспечения. Известно, что порядка 70% среди инструментов исследования занимают методы именно имитационного моделирования [2]. В Российской Федерации с 11 февраля 2011 г. существует Национальное общество имитационного моделирования (НОИМ), созданное в целях популяризации

подходов и приемов ИМ. Тем не менее, сегодня предприятия промышленности практически не знакомы с технологией применения ИМ для решения задач управления производством. Такая практика характерна для деятельности сравнительно узкого слоя ИТ (Information Technology)-предприятий, но и здесь она не вышла за пределы эпизодического применения. В то же время, за рубежом проекты модернизации производственных систем обязательно опираются на результаты имитационных экспериментов [4]. Для этих целей разработаны и успешно используются специализированные программные средства. Условно, все их множество можно разделить на два класса: проблемно-ориентированные, предназначенные для имитационного моделирования объектов любой физической природы Simulation Software (GPSS World компании Minuteman Software Corp., США; Arena Rockwell Automation Inc., Wexford, PA, США; AnyLogic производства ООО "Экс Джей Текнолоджис" (XJ Technologies), Россия), программные средства имитационного моделирования процессов жизненного цикла машиностроительной продукции интегрированные в среду PLM (Product Lifecycle Management – Управление Жизненным Циклом Изделия)-систем. Яркие представители, относящиеся ко второму классу: eM-Plant (Tecnomatix Plant Simulation Tool) (компания Siemens AG, Германия) и Deneb/Quest (разработчик BNP Deneb Pty Ltd., Австралия), Deneb/Quest входит составной частью в пакет решений для моделирования процессов производства платформы V5 под брендом DELMIA компании Dassault Systemes (Франция), нашедшие широкое применение прежде всего на серийных заводах автомобильных компаний Nissan, Volkswagen, Audi (Siemens AG) и Toyota, Daimler-Chrysler (Dassault Systemes). Особо следует отметить, что программное обеспечение для имитационного моделирования, образующее второй из упомянутых классов, не разрабатывалось «с нуля», а было приобретено у фирм, специализирующихся на разработке таких систем, и соответствующим образом адаптировалось (примером может служить уже упомянутый QUEST). Однако практическое использование отмеченных программных продуктов в практике проектирования/реконструкции производственных систем предприятий авиационно-космической отрасли встречает серьезные трудности, прежде всего в связи с тем, что производственные системы таких предприятий ориентированы на сетевой, а не поточный способ организации. Дискретность, многономенклатурность, а также позаказный характер производства продукции предъявляют дополнительные требования к системам имитационного моделирования, но в гораздо большей степени к методологиям их применения. Несомненно, практика реального учета этих требований существует, и пакеты решений компаний Siemens и Dassault Systems содержат такие решения для авиационно-космической отрасли (хотя и представленные не так давно). Однако существование этих решений

не раскрывается, поскольку, что вполне очевидно, они рассматриваются как know how проектируемых/модернизируемых предприятий. Перечисленные факты являются следствием все более проникающим в практику управления процессами жизненного цикла продукции так называемого «тощего» или «экономного» мышления (lean thinking). Поэтому производственная система любого из предприятий рассматривается как уникальная сущность. Планы и результаты имитационных экспериментов в проектах таких предприятий также уникальны.

В тоже время методика проведения имитационных экспериментов с рассматриваемыми объектами, несомненно, поддается спецификации хотя бы в силу общепринятой практики сегментации производственных систем и использования в каждом из них ограниченного набора вариантов сетевой организации производственных потоков. Важность разработки такой методики актуальна для отечественных предприятий и следует из крайне необходимой их реорганизации или даже реконструкции.

В настоящей статье излагается один из возможных подходов к разработке методик имитационного моделирования производственных потоков предприятий, опирающийся не на анализ особенностей программного обеспечения, но идущий от процедур проектирования (модернизации) производств авиационно-космических предприятий. Для указанного подхода инвариантность по отношению к используемым программным продуктам позволяет решать производственные задачи в ходе построения модели за долго до ее окончательного оформления (в этом смысле имитационная модель является своего рода венцом верификации производственной системы).

Используемый подход ориентирован в первую очередь на инженеров, как на первоисточник данных о производственной системе. Кроме того, процедуры верификации и валидации имитационных моделей также никто не отменял. Предполагается если не полное владение последними навыками по разработке и постановке экспериментов с такими моделями (следовало бы к этому стремиться), то хотя бы однозначное взаимопонимание между теми, кому нужны результаты ИМ, и теми, кто будет реализовывать планы имитационных экспериментов.

Создание имитационной модели – процесс достаточно трудоемкий и кропотливый, требующий усиленного внимания, подверженный большой вероятности совершения ошибок. Связано это с невероятным количеством данных, которые нужно одновременно «держать в голове». Так, имитационная, уже модель порядка 20 производственных операций и 15 рабочих мест, становится «непрозрачной». Естественно, что имитационные модели производственного потока, а тем более любой совокупности потоков отдельно взятого

завода необозримы. Сегментированность производства позволяет построить структуру, состоящую из цехов, цеха – из участков, участка – из рабочих мест. Логично, ввести аналогичную иерархию и в имитационную модель (на практике проще это делать с использованием объектно-ориентированных программных продуктов, например, AnyLogic). Тогда масштаб любой части модели определяется степенью удобства работы с ней (в DELMIA QUEST для этого существуют категории «model» и «submodel»). Работа с объектом «submodel» обеспечивает уверенность в том, что работать объект «model» будет корректно. Более того, снижение степени декомпозиции значительно уменьшает число учитываемых вершин сети, освобождает вычислительные ресурсы и упрощает анализ моделей больших производственных систем.

Восприятие результатов имитационных экспериментов существенно улучшается благодаря анимации моделируемого процесса. Часть программных продуктов поддерживает ее не только в упрощенном абстрактном виде, но и воссоздает полную трехмерную картину происходящего. В последнем случае дополнительно предоставляется возможность с серьезной степенью точности отследить геометрические конфликты объектов производственной среды, что является немаловажным при разработке планировочных решений подразделений предприятий.

Имитационная модель производства изделия включает в себя комплекс моделей, основные из которых приведены на рис. 1.



Рис. 1. Состав основных моделей, используемых для построения имитационной модели производства изделия

Важным моментом здесь является то, что при инженерном подходе к разработке имитационной модели, достаточно много информации о производственной системе вводится в модель извне, т.е. из рабочей документации на изделие. Рабочая документация – это совокупность комплектов конструкторских, технологических и производственных документов. Вместе с тем, имитационное моделирование требует серьезной подготовки и структурирования исходных данных, что является сложной задачей. Вот почему системы имитационного моделирования сами по себе не так интересны, их ценность возрастает в разы, когда налажено их взаимодействие с другими системами к примеру PDM (Product Data Management)-системами, в которой хранится рабочая документация, как совокупность первичных и вторичных электронных документов.

В ходе постановки имитационных экспериментов используются выборки информации из рабочей документации, которые подлежат структуризации в соответствии с возможными схемами реализации производственных потоков отдельных изделий (деталей и сборочных единиц) в виде графов таких потоков, приписываемых различным сегментам производственных систем, а также взаимодействию между сегментами. Интерфейсы большинства систем имитационного моделирования поддерживают возможность такой

структуризации, но при необходимости для построения такой сети может использоваться любой графический редактор или же бумажный носитель (см., например [5]).

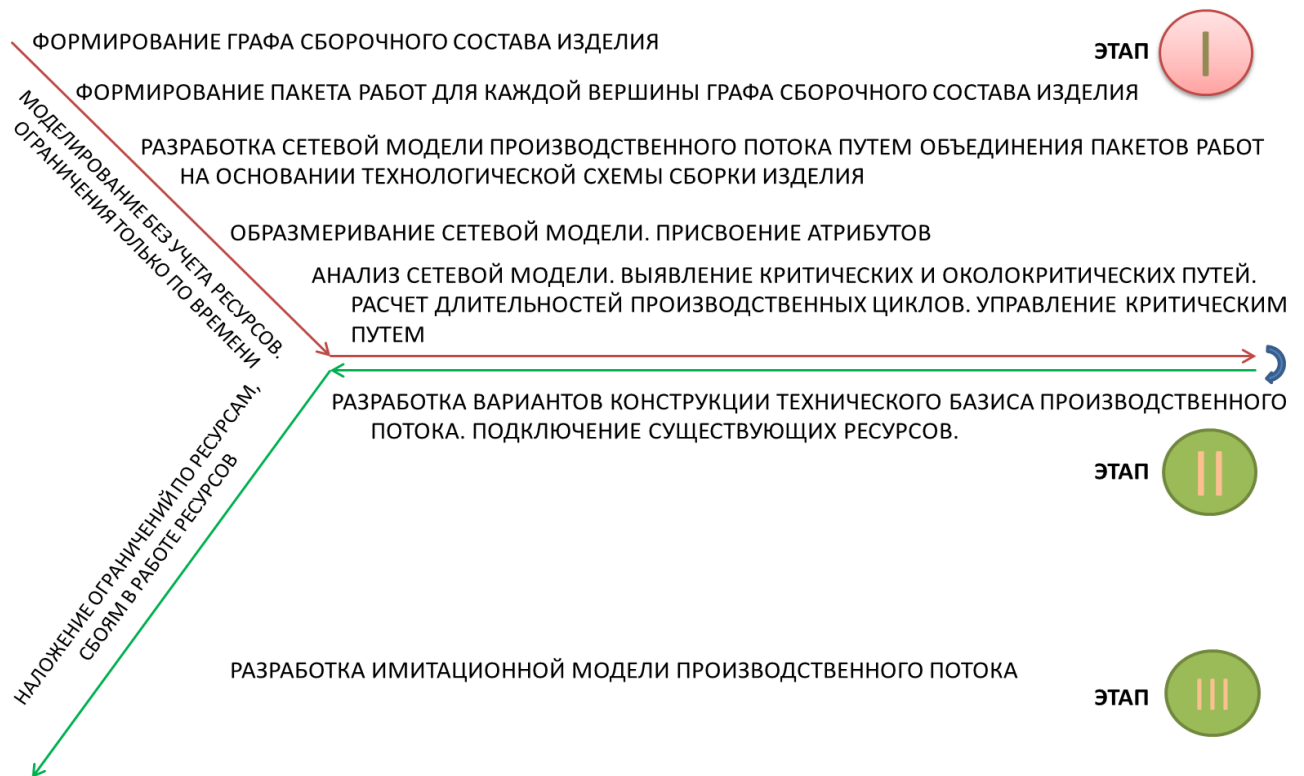


Рис. 2. Этапы построения имитационной модели производственного процесса

Таким образом, разработку имитационной модели производственного процесса можно разбить на три этапа (рис. 2).

I-ый этап рассматривается как подготовительный, II-ой этап имеет промежуточный характер, III-ий этап – собственно формирование имитационной модели.

Из рис. 2 видно, что этапы распределены по 2-ум разным зонам: «моделирование без учета ресурсов», «моделирование с учетом ограничений по ресурсам». Моделирование без учета ресурсов дает возможность получить статическое представление производства, т.е. определить наименьшую длительность производственного цикла для каждого из рассматриваемых вариантов технологических и производственных документов. Учет ограниченности доступа к необходимым ресурсам позволяет получить динамическое (поведенческое) представление производственной системы, поскольку любое из таких ограничений неизбежно влечет за собой характерное увеличение длительности производственного ресурса (время производства изделия само по себе следует рассматривать как ресурс, так как и на него могут быть наложены ограничения).

Содержание каждого из этапов ИМ отражено на рис. 2, 3 и 4. На рис. 5 приведена иллюстрация результатов, получаемых на подготовительном этапе.

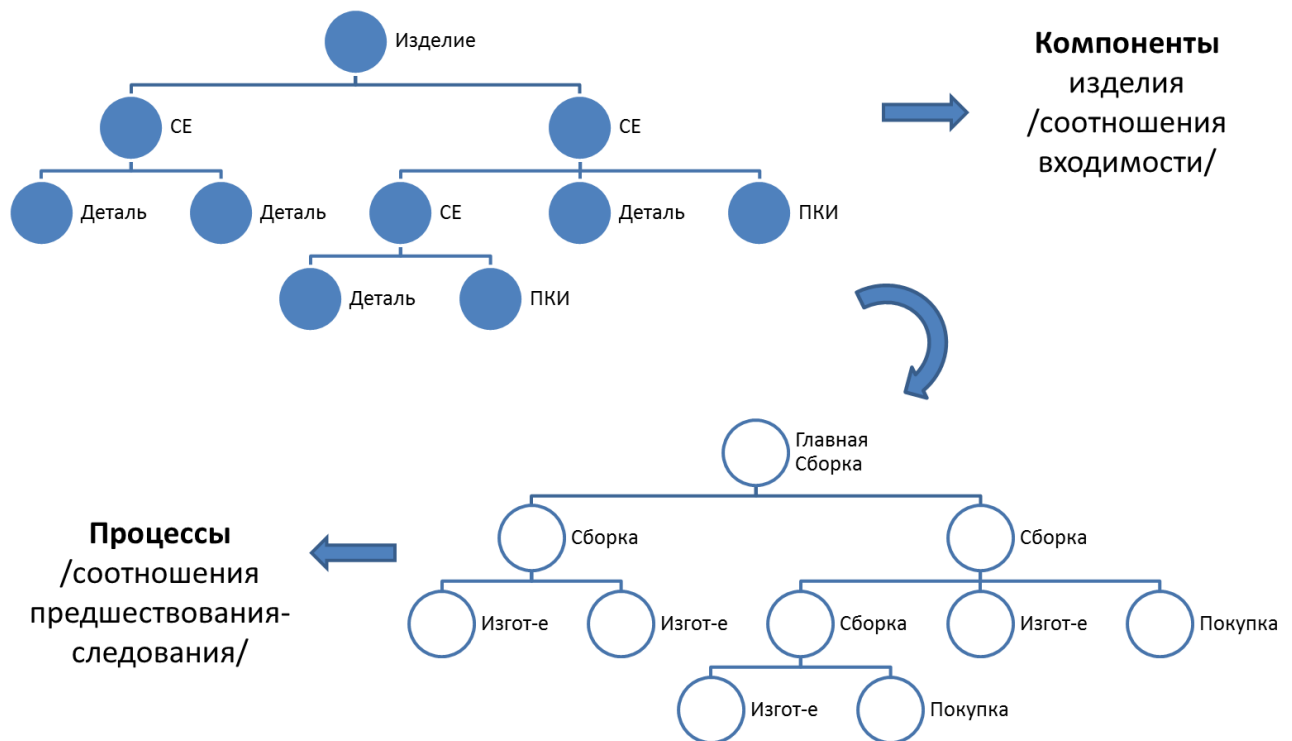


Рис. 3. Формирование графа сборочного состава изделия

ФОРМИРОВАНИЕ ПАКЕТА РАБОТ ДЛЯ КАЖДОЙ ВЕРШИНЫ ГРАФА СБОРОЧНОГО СОСТАВА ИЗДЕЛИЯ

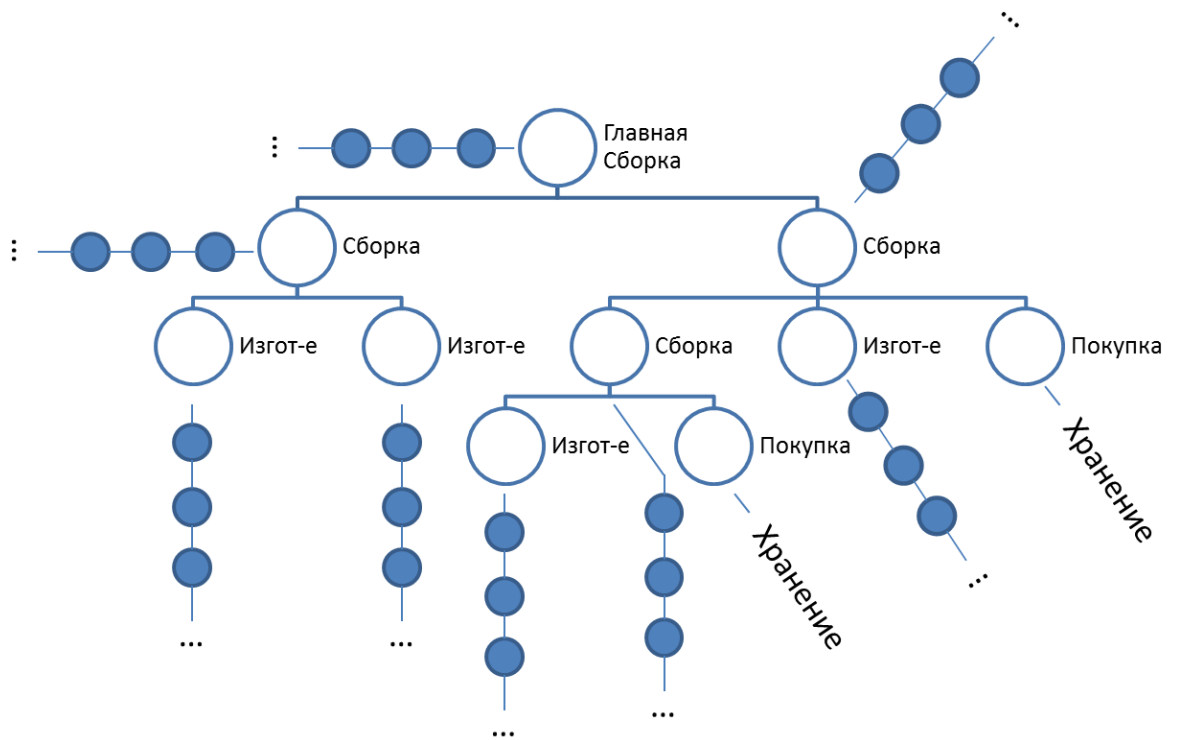


Рис. 4. Формирование пакета работ для каждой вершины Графа Сборочного Состава Изделия

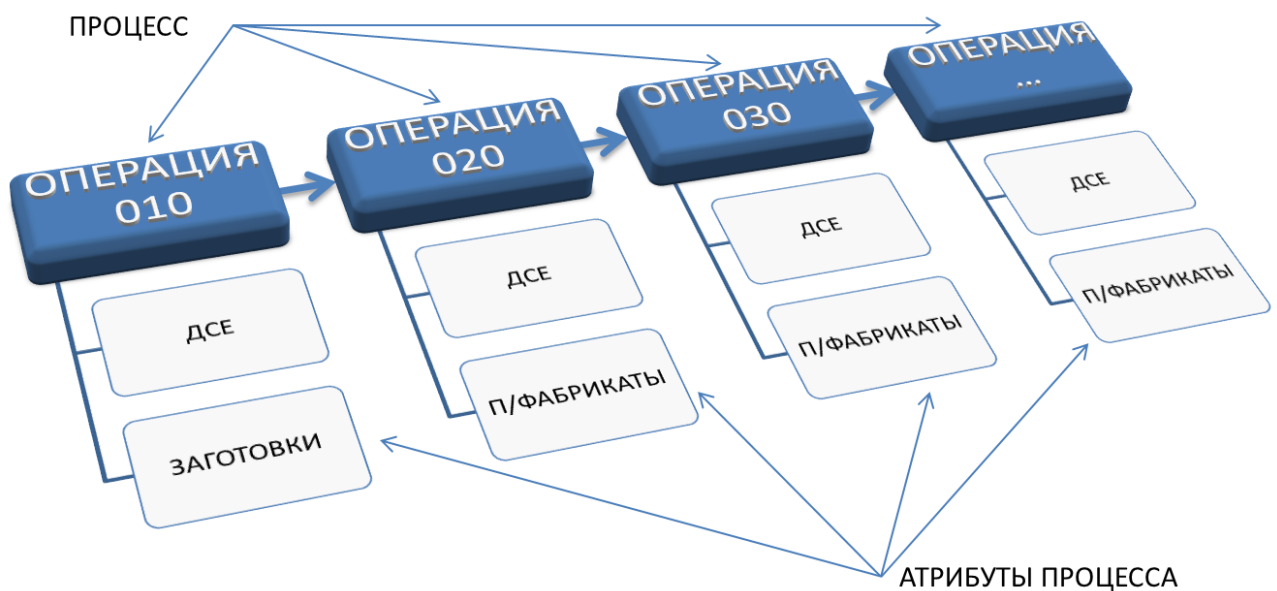


Рис. 5. Результат построения сетевой модели производственного потока

Из рисунков также видно, что в конечном счете сетевая модель производственного потока содержит следующие категории данных:

- данные категории «Изделия»;
- данные категории «Процессы»;
- данные категории «Ресурсы».

Им соответствуют следующие категории документов, которые являются источниками этих данных:

- конструкторские спецификации – «Изделия»;
- технологические процессы – «Процессы»;
- спецификации оборудования, сведения о персонале и т.д. – «Ресурсы».

Результаты последовательности выполнения I-го и II-го этапов построения ИМ графически отражены на рис. 6, на котором можно проследить преемственность сетевых моделей:

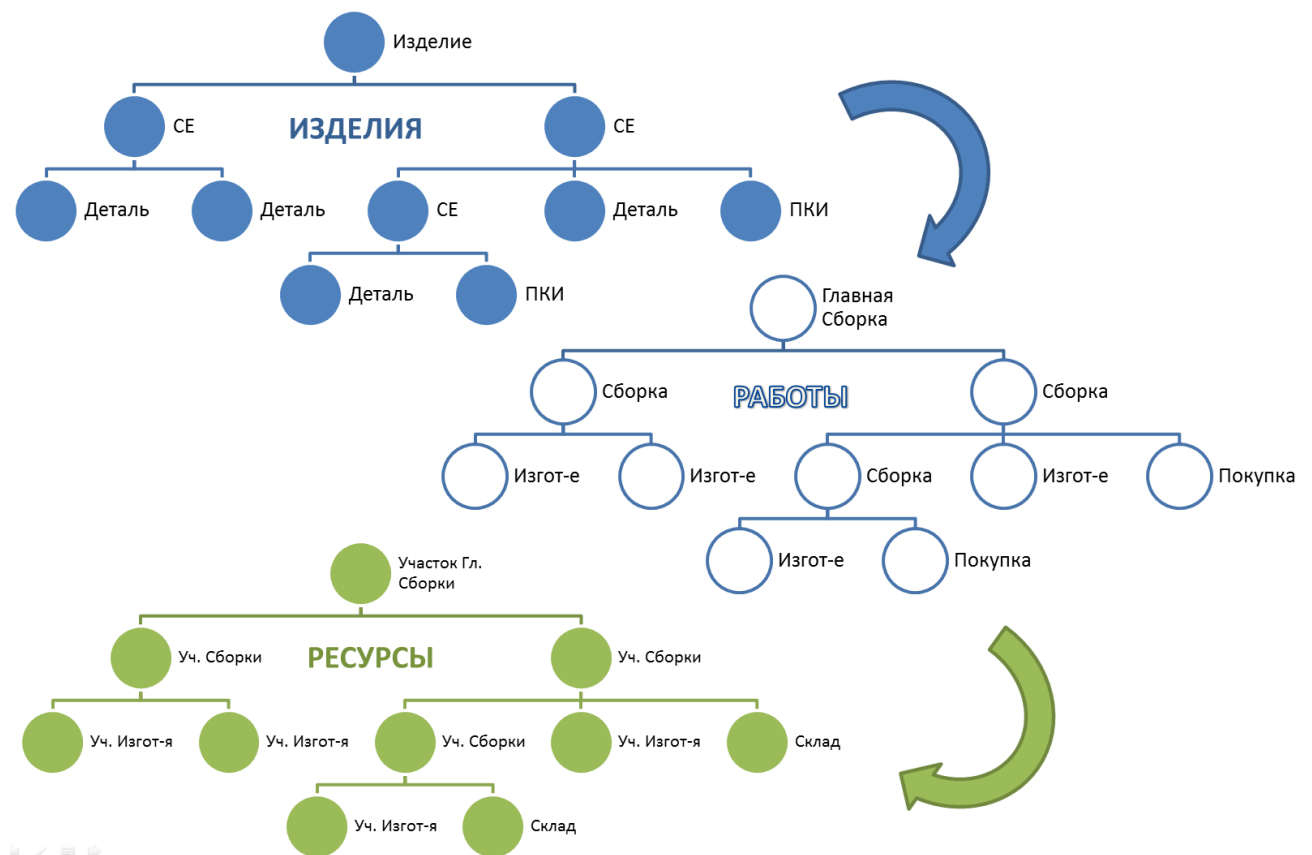


Рис. 6. Преемственность сетевых моделей производственного потока

Заключение:

В статье приведен подход к построению универсальной методологии проведения комплекса работ, необходимых для создания имитационной модели производственного потока. Процесс построения непосредственно самих имитационных моделей не рассмотрен в силу индивидуальности для каждого из предприятий – потребителей результатов имитационных экспериментов.

Библиографический список:

1. Имитационное моделирование производственных систем / под ред. А. А. Вавилова. – М.: Машиностроение, 1983.
2. Боев В. Д., Кирик Д. И., Сыпченко Р. П. Компьютерное моделирование: Пособие для курсового и дипломного проектирования. – СПб.: Военная Академия Связи, 2011. – 348 с.
3. Плотников А. М., Рыжиков Ю. И., Соколов Б. В. Современное состояние и тенденции развития имитационного моделирования в Российской Федерации BPsim // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сборник докладов пятой юбилейной всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2011. Том 1. СПб.: ОАО «ЦТСС». 2011. – с. 51-61.
4. Замятина О. М. Моделирование систем: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 204 с.
5. Ротер М. Учитесь видеть бизнес-процессы. Практика построения карт потоков создания ценности / Майк Ротер, Джон Шук; Пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс: CBSD, Центр развития деловых навыков, 2005. – 144 с.