

УДК 658:62.001.57

Д.А. ГОРЛОВ, Т.Н. НАЗАРЕНКО, А.К. КАЙДАЛОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ", Украина*

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ПРОЕКТА СОЗДАНИЯ НАУКОЕМКОЙ ТЕХНИКИ

Рассмотрена задача комплексной оценки многоуровневых структур организационного управления. Предложен метод, основанный на системных представлениях процессов организационного управления и динамическом имитационном моделировании выполнения проектов создания наукоемкой техники. Описана система имитационного моделирования для оценки многоуровневых структур управления.

**многоуровневая структура управления, имитационное моделирование, протокол взаимодействия, стратегия управления, организационное взаимодействие, сценарий моделирования**

### Введение

В сложившихся условиях жесткой конкуренции предприятия стремятся расширить область своей деятельности путем выполнения множества разнообразных проектов, что нелегко с учетом соблюдения директивных сроков и соглашений.

Проведенный анализ показал, что сложные длительные проекты могут быть выполнены организациями, имеющими многоуровневую организационную структуру управления (ОСУ). Это связано с тем, что при реализации сложных проектов возникает целый ряд задач, решение которых обеспечивается многоуровневым согласованием и координацией участников проекта. Любая несогласованность действий может привести к удлинению сроков выполнения и увеличению стоимости проекта, что связано с нарушением условий выполнения проекта.

Анализ публикаций показал, что при оценке эффективности ОСУ рассматриваются в основном вопросы анализа полученных результатов, причем основное внимание уделяется экономическим показателям. Это не позволяет в полной мере оценить деятельность всех участников проекта, эффективность функционирования организационной структуры, а также обоснованно формировать возможные направления реорганизации структуры управления для

адаптации к выполняемым проектам.

Таким образом, разработка методов, моделей и информационных технологий комплексной оценки для совершенствования многоуровневых структур организационного управления, является актуальной научно-прикладной задачей.

**Формулирование задачи.** Каждый проект, реализуемый на предприятии, имеет конкретную организационную структуру управления, набор исполнителей, а также выбранную технологию выполнения проекта.

Наиболее полную информацию о процессе выполнения проекта можно получить путем комплексного анализа основных результатов выполнения проекта, а также процессов организационного управления этим проектом.

Следует отметить, что основная трудность исследования ОСУ состоит в том, что при анализе систем организационного управления необходимо одновременно учитывать специфику функционирования каждого участника проекта и его взаимодействие с другими участниками, а также динамику функционирования системы и выполнения проекта в целом.

Существующие методы анализа систем организационного управления не предоставляют возмож-

ности составить формализованное описание механизмов организационного управления и взаимодействия участников проекта, с учетом делегирования полномочий, специализации и разделения функций управления и исполнения, развития и адаптации структуры в условиях динамики изменения внешней и внутренней среды. Поэтому предлагается метод, основанный на системных представлениях процессов организационного управления и динамическом имитационном моделировании процессов реализации проектов и организационного взаимодействия исполнителей.

В предлагаемой публикации рассматривается задача моделирования выполнения проекта при различных условиях его реализации.

В результате исследования необходимо получить схему организационных взаимодействий исполнителей, прогноз реализации проекта с учетом вы-

бранной ОСУ, а также прогноз возможных изменений директивных сроков выполнения проекта и затрат на его реализацию.

### Решение задачи

Основная особенность предлагаемого подхода – многоуровневое представление и визуализация процесса моделирования ОСУ. При этом модель носит наглядный, понятный для специалистов характер. Имитационное моделирование позволит отобразить динамику развития системы, исследовать систему на множестве модельных реализаций ее функционирования, учесть случайные факторы и сложные зависимости, а также обеспечит требуемую точность моделирования.

**Система имитационного моделирования.** В данной работе ОСУ представляется в виде ориентированного графа (рис. 1).

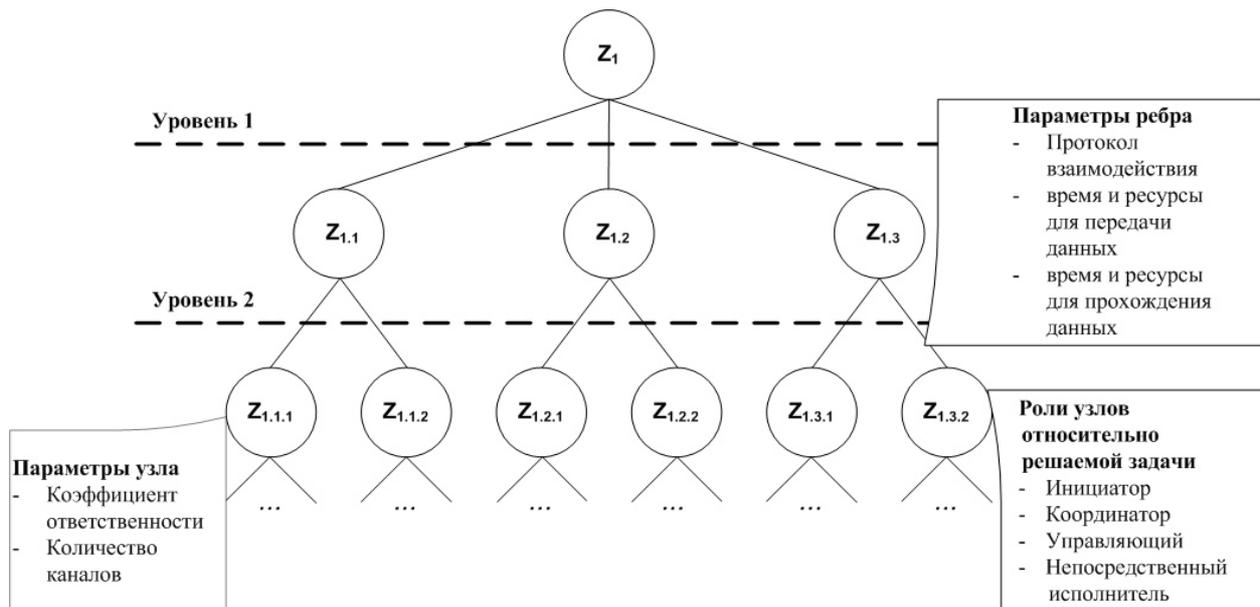


Рис. 1. Представление иерархической структуры управления

Каждая вершина обозначает элемент в иерархии организационной структуры, т.е. определенного участника проекта.

Каждое ребро представляет собой канал связи между двумя узлами иерархии ОСУ. Для элемента ОСУ необходимо учитывать коэффициент ответственности и возможность выполнения нескольких

работ одновременно (количество каналов). Коэффициент ответственности характеризует уровень полномочий участника в организационной структуре и характер выполняемых действий. В то же время работа, требующая нескольких каналов, может загрузить узел полностью. Каждый элемент организационной структуры может в процессе выполнения

проекта выполнять различные функции.

Он может быть инициатором или координатором выполнения работы, быть непосредственным исполнителем работы или выполнять управляющие функции.

Элемент «ребро» характеризуется протоколом взаимодействия участников проекта и его основными параметрами (время и ресурсы для подготовки передачи данных с одной стороны; время и ресурсы для подготовки передачи данных с другой стороны; время и ресурсы для прохождения данных по этому каналу). На подготовку управляющего воздействия каким-либо инициатором, а также на подготовку отчета о выполнении каким-либо исполнителем затрачивается время и ресурсы. Время и ресурсы указываются для каждого ребра, а не узла, потому что, к примеру, время подготовки воздействия инициатором для разных исполнителей может быть разным.

При определении характеристик ребра не важно, какая именно передача данных (управляющее воздействие или отчет) будет иметь место с каждой стороны (т.е. где инициатор и где исполнитель), так как эти времена и ресурсы различаются по признаку "одна сторона" и "другая сторона".

Технологию выполнения проекта целесообразно представить сетевым графиком, что позволит учитывать последовательно-параллельный характер выполнения работ, затрачиваемые ресурсы и директивные сроки. Предполагается выполнение работ проекта без циклов. Сетевой график представляется направленным графом, в котором вершина – это работа, а ребро указывает направление перехода с одной работы на другую. Обязательно присутствуют фиктивные работы "начало" и "конец", с нулевым чистым (без влияния ОСУ) временем выполнения, но с взаимодействиями в ОСУ.

Каждая работа характеризуется определенным набором значений: время и ресурсы, которые будут затрачены на ее выполнение; исполнитель (т.е. узел из организационной структуры); количество кана-

лов, которые эта работа займет у исполнителя; список организационных взаимодействий перед выполнением работы; список организационных взаимодействий после выполнения работы. При указании параметров работы подразумевается запланированное время ее выполнения и запланированные ресурсы, т.е. без учета влияния ОСУ на общее время и ресурсы.

Список организационных взаимодействий представляет собой последовательность узлов в порядке организационного взаимодействия в ОСУ. Различий для управляющих воздействий и отчетов о выполнении не делается.

Все структурные элементы будут формироваться в окне интерфейса программы, библиотека которых имеется в основной программе. Количество типовых блоков (элементов), применяемых для построения имитационных моделей сложной организационной структуры, выбрано минимальное, но достаточное для построения данных моделей любой архитектуры и наиболее типичных классов структур. Блоки собраны в библиотеки и подразделяются на блоки универсальные и проблемно-ориентированные. Между элементами устанавливаются взаимосвязи. Пользователю остается ввести запрашиваемые переменные и дополнительные зависимости, а также задать значения всех параметров. Наличие встроенных статистических функций позволит моделировать различные вероятностные процессы.

Достоинством предлагаемого подхода является то, что пользователь постоянно имеет перед глазами изображение, как отдельных элементов, так и всей организационной структуры и взаимосвязей моделируемых объектов.

**Моделирование и расчет характеристик системы.** Задача имитационного моделирования сложной организационной структуры заключается в анализе производственных процессов и информационных потоков, а также процессов организационного управления с целью вскрытия закономерностей, су-

щественных с точки зрения согласования критериев оптимизации функционирования всех элементов и обоснованного выбора вариантов управления ими и системой в целом.

Сценарий имитационного моделирования выполнения проекта представлен в виде блок-схемы на рис. 2. Ключевым термином предлагаемого алгоритма моделирования является "событие". Под событием понимается важное для проекта явление, происходящее в некоторый момент времени.

При проведении моделирования основной объект, с которым работает система, – это очередь ближайших событий. Такая очередь содержит упорядоченную по времени и по приоритетам последовательность событий. Другая важная особенность алгоритма – наличие очереди заявок у каждого исполнителя (т.е. у каждого узла в ОСУ).

Основной цикл алгоритма моделирования выглядит следующим образом: из очереди выбирается ближайшее событие, обрабатывается и исключается из очереди. Найти в очереди ближайшее событие не представляет особого труда, а вот обработка события заслуживает более подробного рассмотрения.

События могут быть разных типов, и обрабатывать их нужно по-разному. Для того чтобы определиться, какие события могут происходить в рассматриваемой системе, нужно проанализировать структуру отдельной работы сетевого графика проекта.

Структура любой работы из сетевого графика в обобщенном виде с учетом организационного обрамления представляется следующим образом (рис. 3).

Под "подготовкой отправки" понимается подготовка управляющего воздействия или подготовка отчета о выполнении.

Под "приемом и обработкой" понимается обработка узлом ОСУ пришедшего по какому-либо ребру сигнала (будь то указание или отчет). Для выполнения каждой отправки и приема узел резервирует несколько своих каналов (количество указывается при создании ребра). Для выполнения непосредственно самой работы резервируется несколько каналов некоторого исполнителя.

Каждая тройка "отправка-передача-прием" соответствует передаче управляющего воздействия или отчета о выполнении по какому-либо ребру.

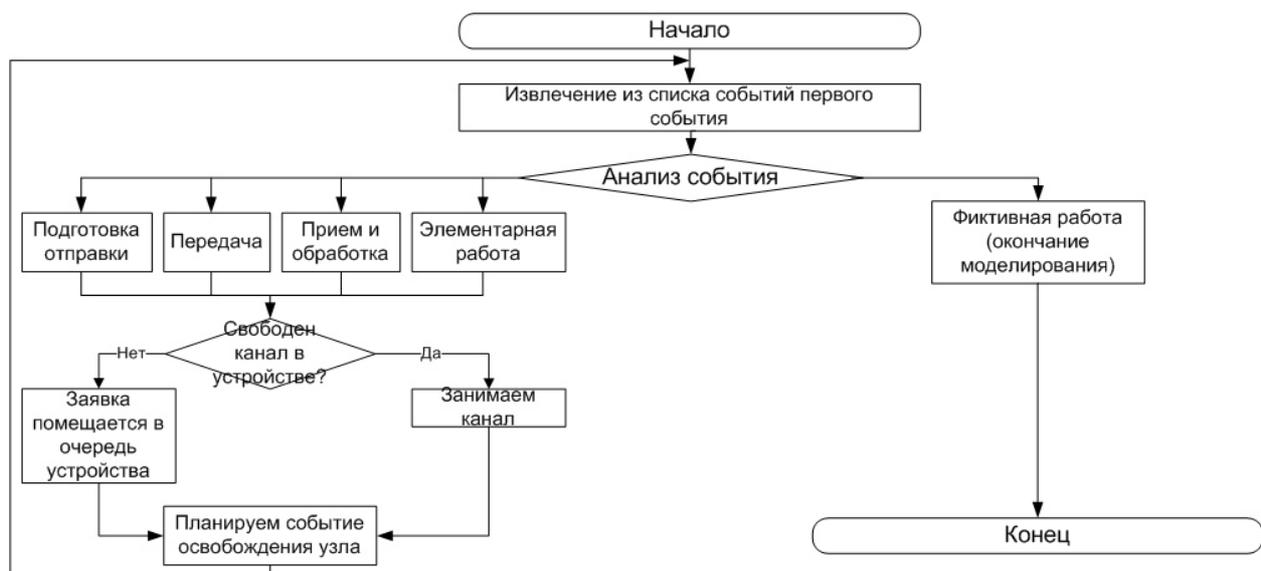


Рис. 2. Блок-схема сценария имитационного моделирования выполнения проекта

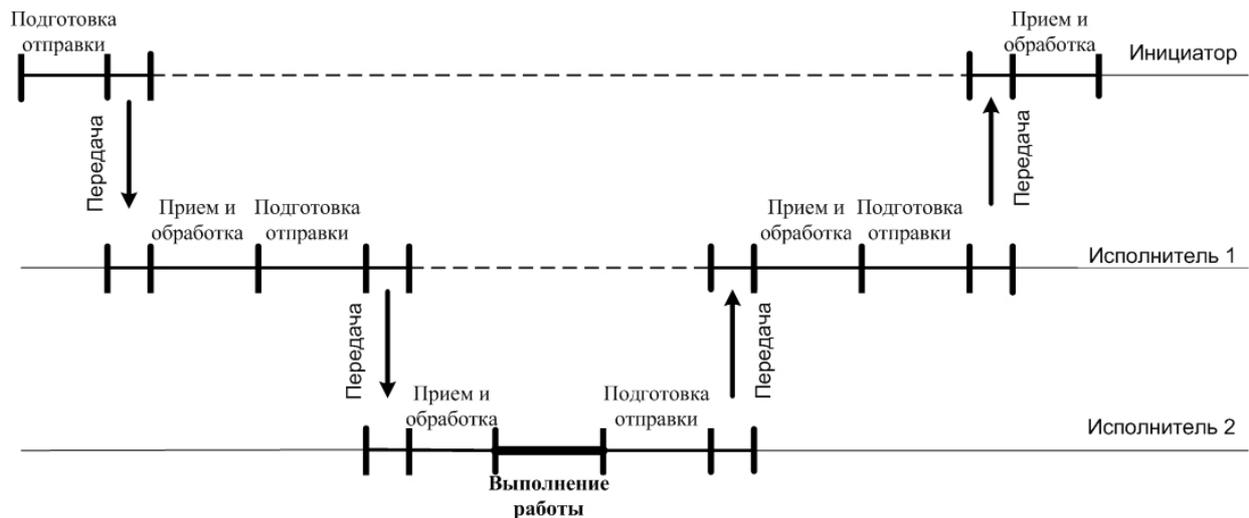


Рис. 3. Протокол взаимодействия участников проекта при выполнении работы

Разумеется, количество таких троек может быть произвольным, как перед непосредственным выполнением работы, так и после, на рис. 3 для примера показаны по две тройки. Назовем каждую отдельную часть работы, указанной на рис. 3, "участком" (подразумевается участок работ в нашем проекте). При проведении моделирования будем отслеживать события окончания того или иного участка. Типов участка четыре: подготовка отправки; передача; прием и обработка; элементарная работа. Для завершения моделирования используется обработка участка фиктивной работы, символизирующей окончание моделирования.

Моделирование может осуществляться путем задания различных сценариев запуска модели и вариантов стратегий управления для отдельных элементов и для системы в целом.

После проведения моделирования пользователю будут предоставлены следующие результаты:

1. Фактическое время выполнения проекта и составные части фактического времени:

- время выполнения самого проекта (без учета взаимодействий в ОСУ);
- время, которое ушло на взаимодействия в ОСУ.

Эти величины выражаются двумя способами: как абсолютная величина и в процентах от фактическо-

го времени.

2. Фактически затраченные ресурсы. Так же, как и для фактического времени, доступны значения составных частей этого параметра:

- ресурсы без учета взаимодействий в ОСУ;
- ресурсы, потраченные на взаимодействия в ОСУ.

Величины выражаются двумя способами: как абсолютная величина и в процентах от фактического значения.

3. Информация по каждой работе:

- фактическое время начала выполнения;
- фактическое время окончания;
- запланированное время выполнения;
- прирост времени выполнения из-за взаимодействий в ОСУ.

Последняя величина выражается двумя способами: как абсолютное значение и в процентах от запланированного времени выполнения.

4. Информация по каждому узлу:

- общее время работы узла, т.е. суммарное время, в течение которого узел не бездействовал;
- общее время простоя узла.
- общее время выполнения узлом управляющих действий;
- общее время выполнения узлом исполнительных действий;

– максимальная, средняя, минимальная длины очереди к узлу.

**Обработка результатов моделирования.** В процессе обработки результатов моделирования определяются:

- наиболее загруженные элементы организационной структуры;
- наиболее критические (узкие) элементы;
- производительность ОСУ (количество выполненных проектов за планируемый период времени);
- номенклатура и количество операций выполняемых каждым исполнителем и выявление организационных несоответствий при взаимодействии исполнителей;
- влияние характеристик ОСУ на основные показатели выполняемых проектов;
- влияние "узких мест" на выполнение проекта в целом.

Принятие решений по управлению проектом осуществляется на основании информации, полученной в результате исследования, путем проведения следующих мероприятий:

- изменение характера процессов проектирования с одновременной модификацией организационной структуры (например, при наличии возможности организации параллельного выполнения работ);
- изменение стратегий управления, как проектом, так и системой в целом;
- организация дополнительных мероприятий для обеспечения необходимого уровня организационного управления проектом;
- изменения в организационной структуре управления предприятием (горизонтальное и вертикальное "сжатие", распределение управленческих и исполнительских нагрузок);

– изменение структуры информационных потоков, включая модификацию как внутри предприятия, так и при взаимодействии с внешними организациями.

## Заключение

Предлагаемый подход целесообразно использовать для планирования работ на ранней стадии выполнения проекта, когда определяются директивные сроки выполнения проекта и необходимые ресурсы, а также формируется команда исполнителей и определяются организационные взаимодействия между ними.

## Литература

1. Управление проектами / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро и др. Справочное пособие / Под ред. И.И. Мазура и В.Д. Шапиро. – М.: Высш. шк., 2001. – 875 с.
2. Дружинин Е.А., Бек В.А., Горлов Д.А. Системный сценарий исследования процессов управления в сложных социотехнических системах // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Х.: ХАИ, 2002. – Вып. 27. – С. 76-80.
3. Дружинин Е.А., Бек В.А., Горлов Д.А. Алгоритмические модели организационного управления в сложных социотехнических системах // *Системы обработки информации*. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. – Вып. 5(21). – С. 288-294.

*Поступила в редакцию 25.04.2004*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.