

doi:<https://doi.org/10.15407/emodel.40.06.037>

УДК 004.89:65.011.56

**К.Б. Остапченко**, канд. техн. наук, **О.И. Лисовиченко**, канд. техн. наук  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический ин-т им. Игоря Сикорского»  
(Украина, 03056, Киев, пр-т Победы, 37,  
e-mail: okb2003@ukr.net; jedak007@gmail.com),

**З.Х. Борукаев**, д-р техн. наук  
Ин-т проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины  
(Украина, 03164, Киев, ул. Генерала Наумова, 15,  
e-mail: zelim\_h@ipnet.ua)

### **Объектно-ориентированное моделирование процессов функционирования субъектов организационно-технических систем**

Предложена объектно-ориентированная модель процессов функционирования субъектов в организационно-технических системах (ОТС). Формализована процедура построения информационной модели, включающая этапы объектного анализа предметной области (ПрО) субъектов организационного управления и объектно-ориентированного моделирования ее сущностей. Разработана спецификация ПрО системы организационного управления для построения компьютерных моделей субъектов и процессов в них. Спецификация предназначена для формирования единой структуры базы данных проектирования компьютерных моделей организационного управления. Она включает систему описания объектов ПрО моделирования и средства построения сценариев функционирования субъектов в ОТС.

*К л ю ч е в ы е с л о в а*: моделирующая система, объектно-ориентированная модель, организационно-техническая система, система организационного управления

**Постановка задачи.** Сложные организационно-технические системы (ОТС), как правило, объединяют множество взаимозависимых человеко-машинных объектов — подсистем, взаимодействующих как между собой, так и с другими техническими системами в различных сферах жизнедеятельности общества, отличающихся целевым производственным назначением и выпускаемой продукцией. Многие из них имеют общие характерные признаки органов управления, т.е. систем организационного управления (СОУ) как структурных подсистем ОТС. Основные из этих признаков следующие:

иерархический многоуровневый характер организационного, технологического и информационного взаимодействия подсистем;

© К.Б. Остапченко, О.И. Лисовиченко, З.Х. Борукаев, 2018

непостоянство изменений во времени собственной структуры и функций;

неполное соответствие структуры целям развития ОТС вследствие изменений во времени механизмов управления и функционирования и др. (детальнее см., например, [1]).

Для реализации функций и задач взаимосвязанного организационного, производственно-технологического и информационного взаимодействия в структурах управления сложных ОТС создают компьютерные моделирующие системы (рис. 1), предназначенные для решения задач поддержки принятия решений в СОУ. Применение и развитие таких систем, которые фактически сами функционируют как сложные ОТС, нуждается в непрерывном совершенствовании математического и информационно-технологического обеспечения.

Очевидно, что основной целью построения моделирующих систем является существенное повышение продуктивности организационного управления:

эффективности — в результате сокращения численности обслуживающего персонала;

оперативности — вследствие сокращения времени обработки больших объемов информации;

обоснованности принятых решений — в результате обеспечения возможности проведения многовариантного анализа предлагаемых вариантов внесения изменений в механизмы (правила) функционирования СОУ для достижения поставленных целей управления и оценки последствий принимаемых решений.

Повышение продуктивности решения задач организационного управления многие специалисты связывают с развитием исследований проблемы совершенствования методов и средств математического и компьютерного моделирования процессов принятия решений и создание на их основе качественно новых компьютерных СОУ. Компьютерные СОУ, как правило, используются для адекватного представления процессов исследования механизмов функционирования СОУ, мониторинга, анализа и прогнозирования ключевых информативных показателей, т.е. компонентов вектора состояния субъектов ОТС, с учетом особенностей взаимодействия входящих в них подсистем. В теории СОУ под механизмами функционирования понимают набор правил и процедур, которые определяют последовательность действий входящих в них элементов (субъектов) системы в процессах принятия решений по управлению организационной, технологической и информационной деятельностью [2].

Процесс принятия решений по совершенствованию механизмов функционирования СОУ для широкого спектра сложных ОТС производственно-



Рис. 1. Структура организационно-технической системы

технического назначения, продукция которых реализуется на конкурентных рынках, включает постановку и комплексное решение следующих взаимосвязанных задач:

- Формирование ограничений на изменения компонентов вектора состояния субъектов управления для достижения поставленных целей.
- Расчет компонентов вектора состояния управления с учетом изменения цен на рынках ресурсов производства.
- Прогнозирование и планирование (краткосрочного, долгосрочного) изменений компонентов вектора состояния управления.
- Контроль материального баланса ресурсов, объемов производства и финансового баланса получения и распределения доходов от реализации продукции между субъектами.
- Стимулирование субъектов СОУ.

Естественно предположить, что построение моделирующей системы, которая фактически предназначена для реализации функций интерактивной адаптивной системы поддержки принятия решений (СППР), возможно только с помощью компьютерной системы, обеспечивающей возможность проектирования и построения имитационных компьютерных моделей процессов функционирования СОУ. Такая система должна включать:

средства формального математического описания сложных субъектов СОУ и процессов их организационного взаимодействия между собой и внешней средой;

единое информационное пространство, объединяющее средства объектно-ориентированного концептуального и информационного моделирования процессов взаимодействия сложных субъектов СОУ между собой и внешней средой;

унифицированную систему классификаторов и справочников, структуру хранения данных, единую систему протоколов и интерфейсов;

единые средства программирования компьютерных моделей.

Поэтому актуальной является задача построения СППР с развитыми средствами семантической обработки данных и пользовательского интерфейса компьютерных моделей, с применением современных технологий разработки и формирования баз данных (БД), баз знаний в виде совокупности математических моделей и вычислительных алгоритмов для анализа и синтеза механизмов функционирования СОУ, прогноза последствий принятия решений по имплементации новых механизмов функционирования СОУ на всех уровнях управления ОТС. Подход и концепция разработки СППР, которая относится к классу интерактивных адаптивных систем, представлены в работах [3, 4].

Рассмотрим объектно-ориентированное моделирование (ОМ) процессов функционирования субъектов ОТС для формирования единой структуры БД для построения моделирующей системы.

**Теоретические основы построения информационной модели процессов функционирования СОУ.** Одним из главных условий создания адаптивных информационных систем является унификация данных. Разработка единой системы унификации представляет собой сложную и трудоемкую задачу, для решения которой целесообразно использовать международный опыт и стандарты. Основой построения единой системы классификации и единого информационного пространства данных должна стать обобщенная информационная модель, которая единообразным способом (согласно стандартам ИЕС) описывает все множество типовых физических субъектов СОУ на основе принципов ОМ [5, 6]. Следуя принципам ОМ, в такой обобщенной информационной модели поддерживается описание физических субъектов СОУ на всех уровнях ОТС, что позволяет единообразно представлять в информационном обеспечении системы их свойства и связи, давая возможность создать единую систему классификаторов, справочников и унифицировать систему доступа к данным.

При объектно-ориентированном подходе к созданию адаптивной СППР предполагается проведение этапа объектного анализа предметной области (ПрО) а затем, на его основе, реализация этапа ОМ ПрО объекта управления. Суть такого анализа состоит в отождествлении сущностей — субъектов и процессов ПрО СОУ в виде совокупности информационных объектов, взаимодействующих друг с другом на основе принципов ОМ.

Основными понятиями ООМ являются объекты, классы, свойства, события, методы, а принципами — инкапсуляция, наследование и полиморфизм [7, 8]. Объектная модель описывает структуру объектов, составляющих систему, их атрибуты, операции, взаимосвязи с другими объектами. В объектной модели должны быть отражены те понятия и объекты реального мира (ПрО), которые важны для разрабатываемой системы.

*Объект* — это совокупность данных и способов работы с ними (компонентных процедур и функций):

Object :=< Attributes, Condition, Behaviour>.

Каждый объект обладает состоянием Condition, поведением Behaviour и характеризуется атрибутами Attributes. Структура и поведение схожих объектов определяет общий для них класс. Состояние объекта характеризуется перечнем (обычно статическим) всех свойств (атрибутов) данного объекта и текущими (обычно динамическими) значениями каждого из этих свойств (атрибутов). К числу атрибутов объекта относятся присущие ему или приобретаемые им характеристики, черты, качества или способности, делающие данный объект самим собой. Перечень атрибутов объекта является статическим, так как эти атрибуты составляют неизменяемую основу объекта. Все атрибуты имеют некоторые значения. Эти значения могут быть простыми количественными характеристиками, а могут ссылаться на другой объект.

*Атрибут (свойство)* — это значение, характеризующее объект в его классе:

Attributes :=< Constant, Variable>.

Среди атрибутов различают постоянные Constant и переменные Variable атрибуты. Постоянные атрибуты однозначно идентифицируют объект в его классе. Текущие значения переменных атрибутов характеризуют текущее состояние объекта. Изменение значений этих атрибутов, приводит к изменению состояния объекта.

*Поведение объекта* — это его деятельность, осуществляемая с помощью операций и представляемая с помощью терминов состояния объекта и передачи сообщений как реакции объекта на внутренние и внешние воздействия.

*Операция* — это определенное воздействие одного объекта на другой с целью вызвать соответствующую реакцию. Каждой операции соответствует метод, т.е. реализация этой операции для объектов данного класса.

Операции-методы бывают следующего вида:

1) модификатор — операция, изменяющая состояние объекта;

2) селектор — операция, считывающая состояние объекта, но не меняющая его состояние;

3) итератор — операция, позволяющая организовать доступ ко всем частям объекта в строго определенной последовательности;

4) конструктор — операция создания объекта и (или) его инициализации;

5) деструктор — операция, освобождающая состояние объекта и (или) разрушающая сам объект.

Изменение состояния осуществляется только посредством вызова методов этого объекта. Этим существенно ограничивается возможность введения объекта в недопустимое состояние его функционирования. Возможность управлять состояниями объекта через вызов методов в конечном итоге будет определять поведение объекта.

Множество объектов с одним и тем же набором атрибутов и методов образует класс объектов, а объект из этого множества называется экземпляром класса.

*Классы объектов* — группы объектов с одинаковыми свойствами, т.е. с одинаковыми наборами переменных состояний и методов. Класс определяет общие свойства для всех его объектов. К таким свойствам относятся состав и структура данных, описывающих атрибуты класса и соответствующих объектов, и совокупность методов, т.е. процедур, определяющих взаимодействие объектов этого класса с внешней средой. Каждый класс имеет свое описание, которое включает информацию, необходимую для идентификации объектов, создания новых объектов данного класса и для определения условий их существования в общей среде взаимосвязанного организационно-технологического взаимодействия в ОТС с объектами других классов.

Создаваемые классы объектов упорядочены в иерархическую структуру, построенную на дочерних отношениях (отношениях наследования), которые основаны на определенных принципах:

1. Инкапсуляция (информационная закрытость) — объединяет данные и методы манипуляции этими данными и защищает их от внешнего вмешательства или неправильного использования. В результате содержание внутреннего устройства элементов системы скрыто одно от другого. Этот механизм предписывает обмен информацией между объектами системы только в минимально необходимом объеме, ограничение доступа к атрибутам и методам объектов (классов) со стороны других объектов (классов) и полное сокрытие алгоритмической реализации методов от других объектов (классов).

2. Наследование — позволяет наследующему объекту приобретать или переопределять, если это допустимо, свойства наследуемого объекта и добавлять дополнительные черты, характерные только для него. Применительно к классам это означает, что дочерний класс полностью включает в себя (наследует) все атрибуты и методы, определенные в родительском классе. При этом в дочернем классе могут быть определены дополнительные атрибуты и методы. В основе этого принципа лежат следующие механизмы:

подкласс наследует все характеристики родительского класса; в дочернем классе нельзя удалить ни одну из наследуемых характеристик, но их можно переопределить, а также добавить новые;

если меняется одна из характеристик класса, то изменения произойдут во всех классах-потомках, если эта характеристика в них не переопределена.

3. Полиморфизм — позволяет одно и то же имя метода использовать для решения различных задач при изменении поведения объекта; цель полиморфизма — использование одного имени при задании общих для класса действий, функциональность (поведение) которых зависит от внешних обстоятельств.

**Объектный анализ данных.** На этапе анализа данных о ПрО, т.е. субъектах ОТС, при создании адаптивной СППР на основе ООМ проводится выделение типовых компонентов и функций, однозначно их определяющих во множестве понятий ООМ, и разработка на их основе единой спецификации ПрО функционирования субъектов СОУ.

*Предметная область* — это совокупность информационных элементов-сущностей, которые характеризуют деятельность субъектов организационного управления, их состав и структуру, и позволяют описывать необходимые функциональные задачи, решаемые в системе для достижения целей управления. Предметная область  $SA$  определяется составом ее субъектов и сценариев их функционирования:

$$SA = (S, f^S, SC),$$

где  $S$  — субъекты ПрО;  $f^S$  — структура субъектов ПрО;  $SC$  — сценарии функционирования субъектов ПрО.

*Субъект* — это сущность, а именно объект или совокупность (группа) объектов, имеющая важное функциональное назначение в данной ПрО. К субъектам отнесены организационные структуры, осуществляющие деятельность в рамках ПрО. В общем случае субъект может быть представлен иерархической структурой в составе территориально отдаленных друг от друга, функционально подчиненных друг другу или разделенных в зависимости от функций управления субъектов деятельности. Поэтому субъект



характеризуется индивидуальностью, состоянием, структурой и определенным поведением.

*Индивидуальность* — это свойство субъекта, позволяющее отличать его от других субъектов ПрО. Индивидуальность сопоставлена с определенным перечнем значений качественных характеристик — статических (технических, физических) свойств субъекта.

*Состояние* субъекта определяется вектором текущих значений количественных характеристик — детерминированных и недетерминированных параметров его функционирования.

Таким образом, каждый субъект, как организационная структура, однозначно характеризуется совокупностью статических свойств и динамических параметров функционирования, изменяемых во времени:

$$S = (C, P), S \subseteq ST \times C, P \subseteq PT \times S,$$

где  $C$  — статическое свойство, идентифицирующее субъект в его классе (типе субъекта)  $ST$ ;  $P$  — динамический параметр, который относится к одному из установленных в ПрО классов (типов параметров)  $PT$  и характеризует компонент вектора текущего состояния субъекта  $S$ .

Субъект для обеспечения своей деятельности в рамках ПрО связан разного рода отношениями с другими субъектами, в результате которых формируется семантическая сеть (структура) субъектов данной области:

$$f^S: S \times S \rightarrow LT,$$

где  $LT$  — множество классов отношений (типов связей), устанавливаемых между субъектами в рамках ПрО.

*Связь* — это отношение, устанавливаемое между субъектами ПрО, имеющее собственное свойство. В результате семантическая сеть субъектов ПрО образуется из совокупности подсетей субъектов, выделенных по определенным и установленным в ПрО свойствам их отношений. Например, в электроэнергетической системе как разновидности ОТС группа генерирующих компаний (генкомпаний) будет образована с учетом наличия функциональных связей между субъектами — генкомпаниями (тепловой энергетики, гидроэнергетики и др.). Генкомпания будет связана структурными связями с входящими в ее состав юридически подчиненными электростанциями и их блоками, а энергокомпания — оптовый поставщик электроэнергии, естественно, будет связана территориальными связями с предприятиями — оптовыми потребителями и розничными поставщиками электроэнергии.

*Поведение* субъекта — это изменяемая во времени последовательность векторов его собственного состояния за установленный (расчетный)



период деятельности. Деятельность в ПрО регламентируется технологическими процессами, реализуемыми субъектами в рамках этой области. Эти процессы идентифицируются нормативными документами и представляются в виде алгоритмов, которые формируют значения параметров функционирования субъектов для достижения целей управления ОТС в целом. Конкретный субъект может принимать участие в нескольких независимых процессах в соответствии с его целевой направленностью, т.е. может иметь несколько алгоритмов-процедур расчета, результаты которых могут быть использованы в алгоритмах расчета параметров других субъектов. После завершения всех регламентированных расчетно-технологических операций происходит изменение состояния ПрО в целом. Порядок изменения значений параметров субъектов определяется сценарием функционирования ПрО.

*Сценарий* — это заданная последовательность взаимосвязанных расчетно-технологических операций, которые приводят к изменению существующих или образованию новых значений параметров функционирования субъектов ПрО на установленный период времени  $D$ :

$$SC = (O, f^O, V, M, f^V),$$

где  $O$  — расчетно-технологические операции (группы операций);  $f^O: O \times O \rightarrow \{0, 1\}$  — схема проведения (расчета) операций;  $V \subseteq P \times D$  — показатели вычисления параметров субъекта;  $M = (R_i | i = 1, n)$  — алгоритмы (правила) реализации расчетно-технологических операций;  $f^V: O \rightarrow V \times M$  — целевое предназначение проведения расчетно-технологических операций.

*Показатель вычисления* — это сущность, задающая тип результата, полученного вследствие выполнения операции в соответствии с правилом сценария. Тип результата — показатель вычисления  $V = (D, PT, ST)$  — задается установленным интервалом времени  $D$ , на котором определяется результат, типом параметра  $PT$  и типом субъекта  $ST$ . Каждое вычисление реализуется на основе продукционного правила, которое приводит к образованию необходимого результата для заданного показателя деятельности субъекта на установленный интервал времени с помощью формул (методов) расчета. В итоге результатом выполнения сценария будет расчет с четко заданными исходными значениями параметров и четко определенными типами результатов для заданного момента или периода времени для всей совокупности субъектов ПрО.

*Правило* — это набор (система) продукций, состоящий из утверждений, последовательно обрабатываемых с целью вычисления значения показателя и присваивания результата заданному параметру. Фактически в информационной модели понятие «Правило» отождествляется с алгоритмом вычисления параметра, определенного в схеме расчета.

*Утверждение* — это выражение продукции следующего вида:

$$R_i = \langle i; V; D; A \Rightarrow B; Z \rangle,$$

где  $i$  — наименование (номер) утверждения;  $V$  — характеристика применения утверждения (показатель вычисления параметра);  $D$  — условие применения (установленный интервал времени — дискретность параметра);  $A \Rightarrow B$  — ядро продукции в виде конструкции «ЕСЛИ  $A$  ТО  $B$ »;  $Z$  — результат продукции. Это означает, что если выполнено условие  $D$  и элемент  $A$  верный, то выполняется оператор  $B$  и для  $V$  устанавливается результат  $Z$ . Следовательно, утверждение описывается порядковым номером его вхождения в правило и оператором (алгоритмом) вычисления результата.

*Операторами* являются следующие утверждения: логический, присваивание результата, переход на следующее утверждение. В утверждениях правила могут быть использованы следующие виды логических операторов:

«ЕСЛИ условие ТО результат»,  
«ЕСЛИ условие ТО результат<sub>1</sub> ИНАЧЕ результат<sub>2</sub>»,

где под результатом подразумевается оператор присваивания или оператор перехода.

Оператор присваивания вида «ПРИСВОИТЬ результат» означает директиву назначения параметру субъекта значения результата расчета. Как результат могут быть использованы показатели вычисления, параметры субъектов, формулы и константы, а также вызовы функций-методов обработки наборов данных, определяющих состояние субъекта как экземпляра класса.

Оператор перехода вида «ПЕРЕХОД к номеру утверждения» означает директиву безусловного выполнения перехода на заданное по номеру следующее утверждение для вычисления результата.

Условие логического оператора утверждения образуется из простого оператора сравнения и сравниваемых операндов вида « $A_1$  СРАВНИТЬ  $A_2$ ». Если выполняется условие логического оператора, то реализуется первый результат, иначе осуществляется переход на следующее правило или реализуется второй результат утверждения. Операндами  $A_1$  в условии могут быть показатели вычислений, параметры субъектов и формулы вычисления промежуточных значений в условии проверки, а операндами  $A_2$ , кроме перечисленных, могут быть еще и константы.

Одной из сущностей, определяющих значения результата утверждения, является формула.

*Формула* — это связанная математическими операциями последовательность операндов. К ним отнесены константы, показатели вычислений

и параметры субъектов, а также другие формулы, результаты вычисления которых, присваиваются параметру субъекта расчета. Субъект, параметр которого вычисляется по формуле, определяется из описания схемы сценария того правила, в котором содержится ссылка на применяемую формулу. В формуле реализуются все основные арифметические операции, а также операции агрегирования значений операндов. Для расширения возможностей при определении сложных формул в информационной модели реализуется механизм группового выражения с помощью скобок, уровень вложенности которых неограничен.

*Операнд* формулы — это сущность, однозначно определяемая совокупностью атрибутов, состоящая из типа параметра субъекта, типа единицы дискретности времени, типа принадлежности параметра к основному субъекту расчета. Поэтому параметр субъекта как операнд формулы должен быть обязательно дополнен описанием единицы дискретности времени.

**Объектно-ориентированное моделирование ПрО.** Выделение совокупности информационных объектов, обладающих перечисленными характеристиками и отношениями между ними, дает возможность построить объектную информационную модель определенной ПрО и на этой основе в дальнейшем разработать унифицированную систему классификаторов и справочников, структуру хранения данных, единую систему протоколов и интерфейсов, а также единые средства программирования компьютерных моделей функционирования технологических процессов в ОТС.

Таким образом, спецификация ПрО адаптивной СППР может быть представлена в виде семантической сети классов информационной модели (рис. 2), имеющей декларативную и процедурную составляющие:

$$SP = (E, SN, f^{SN}),$$

где  $E = \{E_i\}$  — множество сущностей ПрО, определяющее совокупность ее информационных составляющих (классов);  $f^{SN}: E \times E \rightarrow SN$  — семантическая сеть классов спецификации ПрО, определяемая на множестве семантик (предназначений)  $SN$  и построенная на отношении наследования.

Объектный анализ ПрО функционирования субъектов организационного управления приводит к построению компонентов словаря этой ПрО  $E = \{E_i\}$  — классов информационных объектов: субъект, свойство, состояние, параметр, показатель вычисления, сценарий, правило, утверждение, метод, оператор, формула, операнд, расчет, результат. Классы декларативной части модели позволяют описывать состав, связи и свойства субъектов ПрО, а классы процедурной (технологической) части — структуру и взаимосвязь технологических процессов функционирования субъектов ПрО.

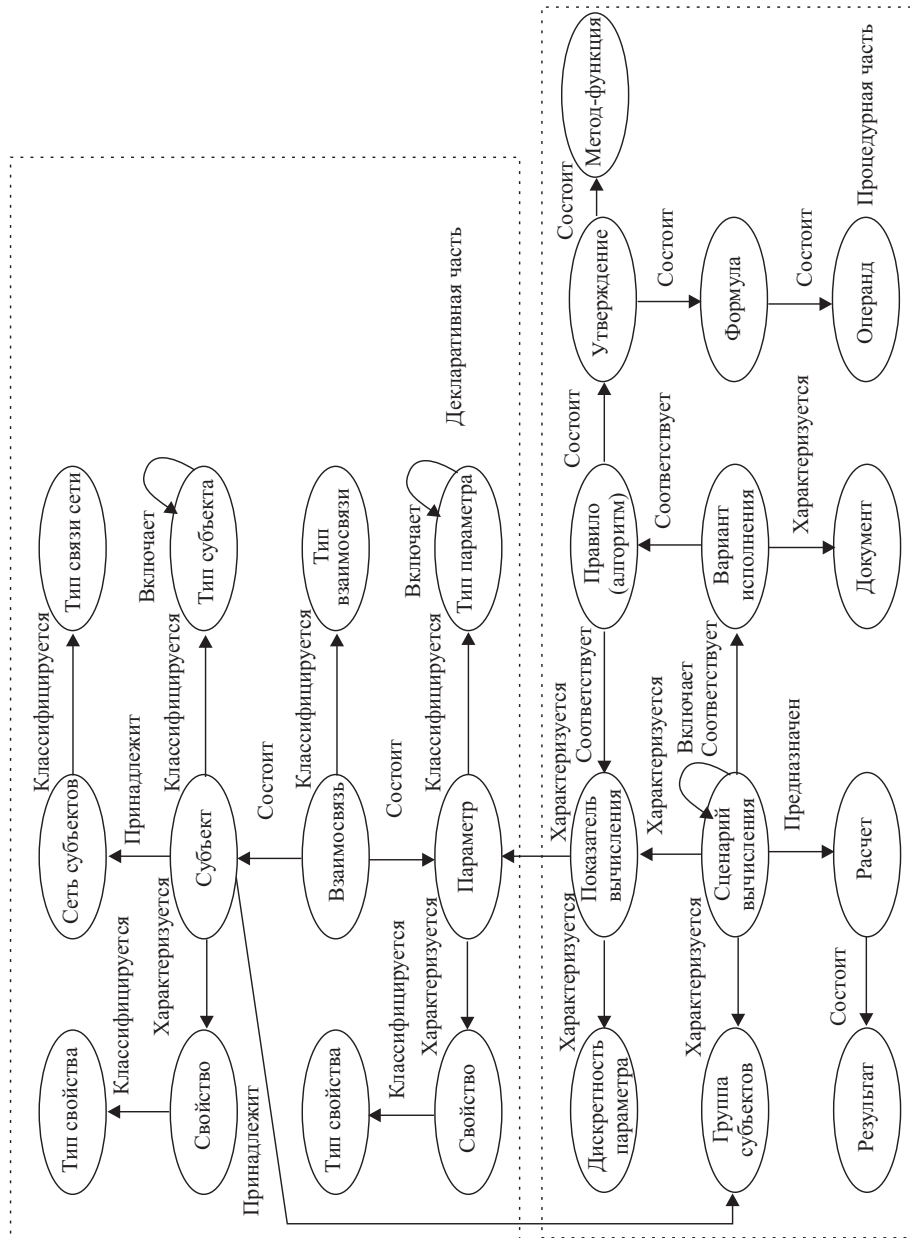


Рис. 2. Семантическая сеть классов спецификации Про

На основании такой спецификации в семантической сети к субъектам относят объекты организационного управления, структуру и состав их технологического оборудования, юридические лица и другие организационные структуры, над компонентами вектора состояния которых проводятся расчетно-технологические операции (оптимизации, прогнозирования). Каждый субъект в описании имеет значение своего типа, перечень собственных свойств и перечень субъектов, с которыми установлены отношения. Функциональное состояние субъекта определяется перечнем параметров — компонентов вектора состояния, которые воссоздают различные показатели его деятельности. Каждый параметр в описании имеет значение своего типа, перечень собственных свойств и перечень субъектов, к которым он имеет отношение. Моделирующие алгоритмы расчетно-технологических операций применяются для установления взаимосвязей различных параметров субъектов на основании правил их продукционного представления. Алгоритмы реализуются с помощью сценариев схем расчета, показателей вычисления значений параметров, методов, утверждений продукционных правил, формул и операндов.

Итак, информационная модель, формализованная в виде спецификации ПрО СППР, будет представлена как совокупность следующих составляющих:

модели объектов, принимающих участие в структурообразующих связях субъектов ПрО;

модели параметров, определяющих состояние функционирования субъектов ПрО;

моделирующие алгоритмы (модели методов), определяющие правила образования и изменения значений параметров функционирования субъектов ПрО;

модели прогнозных расчетов (операций), определяющие перспективу деятельности субъектов ПрО.

Таким образом, применение ООМ к проектированию спецификации ПрО адаптивной СППР обеспечивает ряд преимуществ:

описание системы в виде объектов соответствует семантике (содержательному смыслу) субъектов ПрО;

как правило, поведение субъектов ПрО отражается в ООМ с помощью методов определенного класса;

объединение атрибутов и методов в объекте (классе), а также реализация принципа инкапсуляции позволяют добиться большей внутренней и меньшей внешней связности между экземплярами классов системы;

обеспечение параллельных вычислений состояний объектов, каждый из которых обладает собственными свойствами и поведением.

## Выводы

Применение ООМ в качестве теоретической основы для построения информационной модели процессов функционирования СОУ позволило представить информационное пространство в виде унифицированной системы данных. Разработанная спецификация ПрО СОУ для построения компьютерных моделей организационного управления обеспечивает при построении интерактивной адаптивной СППР адаптацию к изменению существующих или появлению новых механизмов функционирования ОТС и эффективное ее сопровождение на различных стадиях жизненного цикла СОУ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сорокин И.В. Проблемы исследования сложной организационно-технической системы // Вестник МГТУ МИРЭА. 2013, № 1 (1), с. 20—40.
2. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2012, 604 с.
3. Борукаев З.Х., Остапченко К.Б., Лисовиченко О.И. Подход к построению систем поддержки принятия решений для автоматизации процессов организационного управления энергорынком // Міжвідомчий наук.-техн. зб. «Адаптивні системи автоматичного управління». 2017, № 1 (30), с 29—43.
4. Борукаев З.Х., Остапченко К.Б., Лисовиченко О.И. Концепция построения информационно-технологической платформы проектирования систем поддержки принятия решений для организационного управления энергорынком // Там же. 2018, № 1 (32), с. 3—14.
5. IEC 62325-301. Framework for energy market communications. Part 301: Common information model (CIM) extensions for markets. 2018. <https://webstore.iec.ch/publication/31487>
6. IEC 62325-351. Framework for energy market communications. Part 351: CIM European market model exchange profile. 2016. <https://webstore.iec.ch/publication/25128>
7. Грэхэм И. Объектно-ориентированные методы. Принципы и практика. М.: Изд-во Вильямс, 2004, 880 с.
8. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C<sup>++</sup>. / Пер. с англ. И. Романовского, Ф. Андреева. М.: Изд-во Вильямс, 2008, 720 с.

Получена 06.11.18

## REFERENCES

1. Sorokin, I.V. (2013), “Problems of research of complex organizational and technical system”, *Vestnik MGTU MIREA*, Vol. 1, no. 1, pp. 20-40.
2. Novikov, D.A. (2012), *Theory of Organizational Systems Management*, Publishing house of physical and mathematical literature, Moscow, Russia.
3. Borukaev, Z.Kh., Ostapchenko, K.B. and Lisovychenko, O.I. (2017), “Approach to building decision support systems for automating the processes of organizational management of the energy market”, *Adaptive system of automatic control*, Vol. 1, no. 30, pp. 29-43.

4. Borukaev, Z.Kh., Ostapchenko, K.B. and Lisovychenko, O.I. (2018), "The concept of building an information technology platform for designing decision support systems for the organizational management of the energy market", *Adaptive system of automatic control*, Vol. 1, no. 32, pp. 3-14.
5. IEC 62325-301 (2018), "Framework for energy market communications. Part 301: Common information model (CIM) extensions for markets", available at: <https://webstore.iec.ch/publication/31487>.
6. IEC 62325-351 (2016), "Framework for energy market communications. Part 351: CIM European market model exchange profile", available at: <https://webstore.iec.ch/publication/25128>.
7. Graham, I. (2004), *Object Oriented Methods: Principles and practices*, Williams, Moscow, Russia.
8. Buch, G. (2008), *Object-oriented analysis and design with examples of applications in C++*, Translated by Romanovsky, I. and Andreeva, F., Williams, Moscow, Russia.

Received 06.11.18

*К.Б. Остапченко, О.І. Лісовиченко, З.Х. Борукаєв*

#### ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНОВАНИЯ СУБЪЕКТОВ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Запропоновано об'єктно-орієнтовану модель процесів функціонування суб'єктів в організаційно-технічних системах (ОТС). Формалізовано процедуру побудови інформаційної моделі, яка включає етапи об'єктного аналізу предметної області (ПрО) суб'єктів організаційного управління та об'єктно-орієнтованого моделювання її сутностей. Розроблено специфікацію ПрО систем організаційного управління для побудови комп'ютерних моделей суб'єктів і процесів в них. Специфікація призначена для формування єдиної структури бази даних проектування комп'ютерних моделей організаційного управління. До неї включено систему опису об'єктів ПрО моделювання та засоби побудови сценаріїв функціонування суб'єктів в ОТС.

*К л ю ч о в і с л о в а: моделююча система, об'єктно-орієнтована модель, організаційно-технічна система, система організаційного управління.*

*К.В. Ostapchenko, O.I. Lisovychenko, Z.Kh. Borukaev*

#### OBJECT-ORIENTED MODELING OF THE PROCESSES OF FUNCTIONING OF SUBJECTS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS

An object-oriented model of subjects functioning processes in organizational-technical systems (OTS) is proposed. The procedure of constructing an information model has been formalized, including the stages of object analysis of the subject area (SA) of organizational management subjects and object-oriented modeling of its entities. The SA specification of organizational management systems has been developed in order to construct computer models of subjects and processes in them. The specification is intended to form a single database structure for designing computer models of organizational management. It consists of a describing system of SA modeling objects and constructing tools for scenarios of subjects functioning in OTS.

*Key words: modeling system, object-oriented model, organizational and technical system, organizational management system.*



*ОСТАПЧЕНКО Константин Борисович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технической кибернетики Национального технического университета Украины «Киевский политехнический ин-т им. Игоря Сикорского». В 1986 г. окончил Киевский политехнический ин-т. Область научных исследований — моделирование и программное обеспечение компьютеризированных интегрированных систем.*

*ЛИСОВИЧЕНКО Олег Иванович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технической кибернетики Национального технического университета Украины «Киевский политехнический ин-т им. Игоря Сикорского», который окончил в 1999 г. Область научных исследований — моделирование сложных систем и систем интеллектуализированного принятия решений.*

*БОРУКАЕВ Зелимхан Харитонович, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., вед. науч. сотр. отдела математического и эконометрического моделирования Ин-та проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины. В 1971 г. окончил Ростовский госуниверситет. Область научных исследований — математическое моделирование физических полей и процессов, моделирование информационных процессов и систем.*