



УДК 001.57; 658.818; 681.3

**СИСТЕМО-ОБЪЕКТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ****А. Г. ЖИХАРЕВ**  
**С. И. МАТОРИН***Белгородский государственный национальный исследовательский университет**e-mail:*  
*zhikharev@bsu.edu.ru*

В статье рассматривается применение системно-объектного способа представления знаний (СОСПЗ) в моделировании технологических процессов производства хлеба.

Ключевые слова: представление знаний, информационная система поддержки принятия решений, база знаний, системно-объектный способ представления знаний, технология «Узел-Функция-Объект», технологический процесс, имитационная модель.

Основу современного кибернетического подхода к решению задач компьютерного моделирования, оптимизации, управления и оптимального проектирования технологических систем в масштабе цеха или предприятия составляют системный подход и системный анализ, в соответствии с которыми эти задачи решаются в тесной связи друг с другом, объединены общей стратегией и подчинены единой цели – созданию высокоэффективного производства [URL: <http://tstuisman.tstu.ru/pdf/lecture3.pdf>].

Специалисты по моделированию технологических процессов, как правило, создают и применяют два вида моделей. Первый тип – это аналитические модели (феноменологические или модели данных), которые не используют и не отображают физические процессы и системы. Второй тип – это системные модели (модели систем), которые строятся на основе понимания физических процессов и отображают структуру системы и как она функционирует. При этом считается, что «во многих задачах принципиально применимы только системные модели» [1].

В связи с этим для компьютерного моделирования технологических процессов предлагается использовать системно-объектный метод представления организационных знаний (СОМПЗ) как инструмент создания универсальных моделей знаний о предметной области [2]. Целесообразность применения данного метода обусловлена, в первую очередь, тем, что он основан на системном (системно-объектном) подходе «Узел-Функция-Объект» (УФО-подход), обеспечивающим единый универсальный подход к системам различной природы [URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Узел-Функция-Объект>]. Основные понятия данного подхода определяются следующим образом: Узел – перекресток связей/потоков, Функция – процесс преобразования входных потоков узла в выходные, Объект – сущность, выполняющая данную функцию.

СОМПЗ был разработан специально для моделирования слабоформализованных областей знаний человека. Использование предлагаемого метода для представления знаний с целью управления технологическими процессами и робототехническими системами обусловлено, кроме того, следующими соображениями. Предметная область, в рамках которой осуществляется сложный технологический процесс или действует робототехническая система, сама представляет собой сложную систему. Следовательно, знания об этой предметной области также должны представлять собой систему. Анализ рассмотренных в литературе по искусственному интеллекту и управлению знаниями видов знаний показывает, что все виды знаний могут быть сведены к трем базовым видам: декларативным знаниям о структурных характеристиках системы (на уровне входов-выходов), процедурным знаниям (о динамике ее функционирования) и декларативным знаниям о субстанции системы (об объекте, выполняющем функцию). СОМПЗ, основанный на УФО-подходе, в свою очередь, является универсальным средством описания организационных знаний, так как позволяет описать объектные



характеристики, структурные характеристики и функциональные характеристики деятельности организации. Информационная система, основанная на таком методе хранения организационных знаний, позволяет хранить и обрабатывать опыт организации в удобном визуальном (графоаналитическом) и при этом формализованном виде. Формализация графических моделей в виде элементов «Узел-Функция-Объект» (УФО-элементов) обеспечивается за счет формального представления системы как УФО-элемента с помощью исчисления объектов Абади-Кардели [3].

Будем рассматривать любой технологический процесс как последовательную цепочку состояний процесса или действий, которые соединены между собой связями или переходами. Причем любая связь (поток) технологического процесса представляет собою набор качественных и количественных показателей некоторого объекта, который создается или перерабатывается в рамках текущего технологического процесса. Таким образом, к подобному определению технологического процесса можно применить формальное описание состояния процесса и связей процесса. В СОМПЗ связи между состояниями процессов называются потоковыми объектами и представляют собою следующее выражение:

$$a_i = [l_j = b_j], \quad (1)$$

где:  $a_i$  – потоковый объект с именем  $a$ ;  $l_j = b_j$  – поля потокового объекта с некоторыми значениями  $b_j$ . Поля потокового объекта представляют собою качественные или количественные характеристики связей или объектов, участвующих в выполнении технологического процесса.

Состояние процесса называется узловым объектом и, формально, представляет собою следующее выражение:

$$G = [l_i = a_i; l_j = a_j; l_n = F(l_i)l_j; l_m = b_m], \quad (2)$$

где:

- $l_i$  – поле узлового объекта (может представлять собой набор или множество), которое содержит значение входных потоковых объектов  $a_i$  и, соответственно, имеет такой же тип данных;
- $l_j$  – поле узлового объекта (может представлять собой набор или множество) которое содержит значения выходных потоковых объектов  $a_j$  и имеет такой же тип данных;
- $l_n$  – метод узлового объекта (может представлять собой набор или множество), преобразующий входные потоковые объекты узла в выходные.
- $l_m$  – поле узлового объекта (может представлять собой набор или множество), которое содержит основные характеристики данного объекта  $b_m$ .

Рассмотрим пример технологического процесса по производству хлеба. Контекстная модель такого процесса показана на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, процесс производства хлеба можно рассматривать как переработку различных ингредиентов. Рассмотрим далее формальное представление данного процесса, учитывая все интересующие нас характеристики.

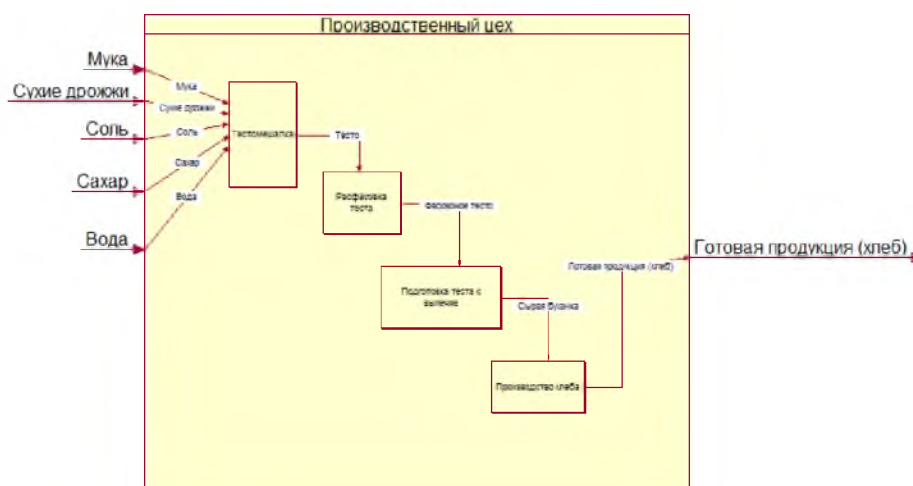


Рис. 1. Контекстная модель технологического процесса производства хлеба

Для каждого потокового объекта будем рассматривать характеристику веса (в килограммах), поэтому структура входных потоковых объектов будет идентична и формально представляет собою следующее описание:

- мука[вес];
- сухие дрожжи[вес] ;
- соль[вес];
- сахар[вес];
- вода[вес].

Выходной объект так же будет иметь одну характеристику – количество буханок, формально представлен ниже:

- хлеб[количество].

Как видно из рисунка 2, рассматриваемый технологический процесс состоит из четырех этапов. На первом этапе замешивается тесто, технически это может быть любая промышленная тестомешалка, куда поступают по специальным линиям необходимые ингредиенты, а результатом работы этого этапа является готовое тесто. На следующем этапе тесто простаивает определенное время и расфасовывается в специальные формы (этап 3) после чего на выходе получается сырая буханка. В заключении сырые буханки отправляются в печь. Каждому этапу технологического процесса соответствует отдельный узловой объект. Рассмотрим эти объекты, которые формально представляют процессы, показанные на рисунке 2:

- ТЕСТОМЕШАЛКА[мука?, сухие дрожжи?, соль?, сахар?, вода?, тесто!, производительность=400, время работы, Приготовление теста = F(мука?, сухие дрожжи?, соль?, сахар?, вода?)тесто!];
- РАСФАСОВКА[тесто?, сырая буханка!, производительность=300, Фасовка=F(тесто?)сырая буханка!];
- ВЫПЕЧКА[сырая буханка?, хлеб!, производительность=400, Производство=F(сырая буханка?)хлеб!].

Во всех узловых объектах встречается свойство «производительность». Это свойство необходимо для расчета времени работы технологических установок по замешиванию, фасовке и выпечке. Сам же расчет всех промежуточных и итоговых показателей осуществляется с помощью функций «F», которые содержатся в каждом узлом объекте.

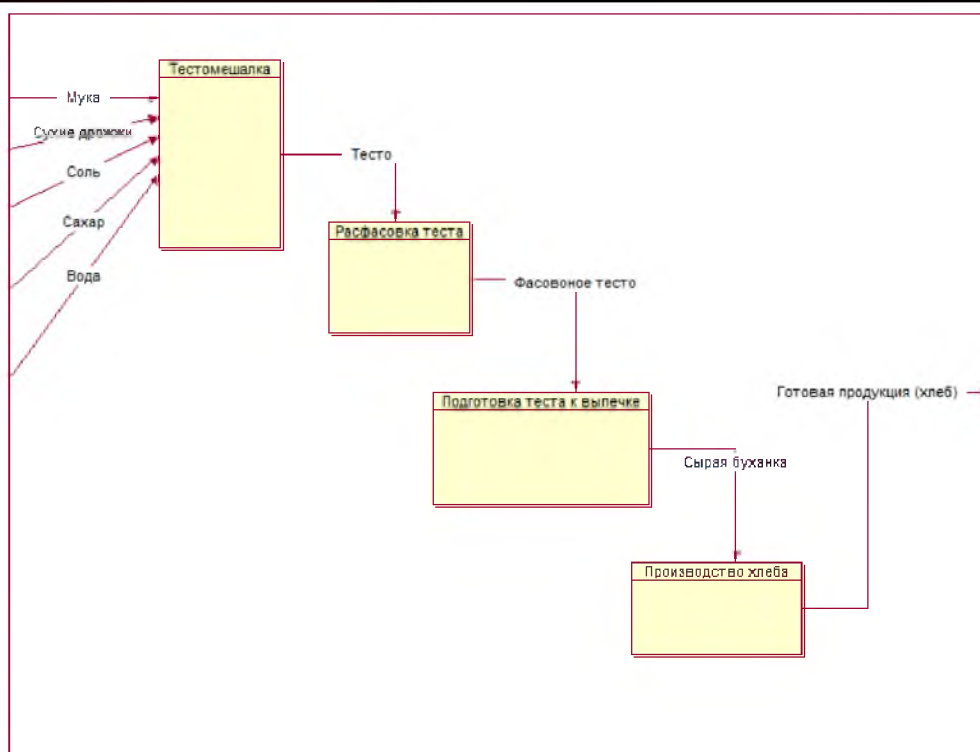


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции процесса производства хлеба

Представленное формальное описание технологического процесса можно в дальнейшем будем рассматривать как основу нового универсального метода представления знаний для управления технологическими процессами и робототехническими системами в терминах формализованного графоаналитического подхода «Узел-Функция-Объект».

Создание подобного метода позволит в перспективе разрабатывать автоматизированные системы управления и поддержки принятия решений методами искусственного интеллекта с целью автоматизации технологических процессов и производств, для обеспечения повышения конкурентоспособности, безопасности, экологичности и эффективности отечественной промышленности.

### Список литературы

1. Мальков, М.В. Моделирование технологических процессов: методы и опыт [Текст] / М.В. Мальков, А.Г. Олейник, А.М. Федоров // Труды Кольского научного центра РАН. – 2010. – №3. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-tehnologicheskikh-protsessov-metody-i-opyt> (дата обращения: 11.12.2014).
2. Жихарев, А.Г. О системно-объектном методе представления организационных знаний [Текст] /А.Г. Жихарев, С.И. Маторин, Е.М. Маматов, Н.Н. Смородина // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2013. – № 8 (151) выпуск 26/1.
3. Жихарев, А.Г. О перспективах развития системно-объектного метода представления организационных знаний [Текст] /А.Г. Жихарев, Е.В. Болгова, И.В. Гурьянова, О.П. Маматова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2014. – № 1 (172) выпуск 29/1, стр. 110-114.



---

**SYSTEM-OBJECT MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

**A.G. ZHIKHAREV**  
**S.I. MATORIN**

*Belgorod State National  
Research University*

*e-mail:*  
*zhikharev@bsu.edu.ru*

The article discusses the use of system-object method for knowledge representation (SOSPZ) in the simulation of manufacturing processes of bread.

Keywords: knowledge representation, information system decision support, knowledge base, system-object method for knowledge representation technology "Node-function-object", process, simulation model.