

**КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ПРИНЯТИЯ
СТРАТЕГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
КОМПЛЕКСАМИ НЕПРЕРЫВНОГО ТИПА**

**Состояние проблемы принятия стратегических решений в управлении
технологическими комплексами непрерывного типа и цель работы**

Проблема принятия стратегических решений всегда была одной из ключевых при построении долгосрочных стратегий развития технологических комплексов (ТК) непрерывного типа в различных отраслях промышленности (пищевой, химической, нефтеперерабатывающей). Поэтому важно четко определить цели, последовательность действий и решений, распределить ресурсы, а также обеспечить получение высоких показателей эффективности, решение тактических и стратегических задач управления.

Для ТК непрерывного типа характерны слабая организованность технологического процесса, зависимость от внешних и внутренних возмущений, необходимость адаптации к условиям внешней и внутренней среды [1]. Для неопределенности характерны «неизвестность» воздействий внешней среды, отсутствие прецедентов в прошлом, неожиданность их появления [2]. Исходя из этого возникает проблема поиска эффективных решений стратегических задач для сложных организационно-технологических объектов, таких как ТК непрерывного типа, с учетом неопределенности для различных отраслей (в частности, сахарной промышленности). Поэтому целесообразна разработка комплексного метода принятия стратегических решений для ТК непрерывного типа с использованием формальных критериев оценки эффективности, что обеспечит выбор наиболее приемлемого варианта сценария стратегического развития и повысит эффективность функционирования ТК в целом.

Отечественные и зарубежные ученые Ладанюк А.П., Грабовский Г.Г., Богаенко И.М., Архангельский В.И., Большаков А.А., Борисов В.В., Alter S., Юдицкий С.А., Трахтенгерц Е.А., Новиков Д.А., O'Brien J., Kvint V., Mulcaster W.R. и др. достигли значительных результатов в исследованиях методологии создания технологических, организационных, организационно-технологических систем и управления ими, в том числе совершенствования и технического развития ТК непрерывного типа в отраслях пищевой, химической промышленности и др. Так, задачи автоматизации управления сложными технологическими объектами и процессами в отраслях пищевой промышленности исследованы в работах Ладанюка А.П. [3]. В работе Грабовского Г.Г., Богаенко И.М., Архангельского В.И. [4] рассмотрены принципы интегрированного управления организационными и технологическими процессами на производственных предприятиях, обоснована необходимость их объединения во взаимосвязанные производственные комплексы, оптимизируемые как единая динамическая менеджмент-система, а также рассмотрены вопросы совершенствования действующих автоматизированных систем, использования новых технологий в области интеграции управления материальными и информационными потоками. Однако не учитываются возможности повы-

© Т.А. ПРОКОПЕНКО, Я.И. ЗЕЛЬК, 2017

шения эффективности предприятий с наличием ТК непрерывного типа путем использования комплексного подхода к принятию решений. В работах [5–7] рассмотрены вопросы стратегического управления сложными организационными системами, в основе которых многоагентный триадный подход. В научных трудах Трахтенгерца Е.А. [8] освещены вопросы выбора и реализации стратегий в системах управления. Показано, что стратегическое управление обеспечивает принятие такого решения в настоящем, чтобы достичь необходимого результата в будущем.

Стратегическое управление является главным аспектом деятельности любого предприятия, а иерархия целей должна соответствовать стратегическим и тактическим задачам управления. Новые подходы к управлению ТК непрерывного типа реализуются на стратегическом уровне и влияют на эффективность в целом. Поэтому для управления такими объектами с учетом особенностей функционирования необходимо разрабатывать информационные технологии, в том числе интеллектуальные, которые способны обеспечить максимум необходимой информации и оказать поддержку в принятии управленческих решений при выборе стратегии развития в долгосрочной перспективе.

При принятии управленческих решений чаще всего приходится сталкиваться с информацией качественного характера, а также с ситуациями, когда количественная информация не может быть использована ни в одной из полученных математических моделей и может быть проанализирована с помощью специально разработанных методов качественного анализа. В современной теории управления используются методы и подходы к принятию решений, которые дают возможность учитывать многокритериальность и неопределенность, а также позволяют реализовать выбор решения из количества альтернатив разного типа при наличии критериев, такие как методы анализа иерархий, теории нечетких множеств и др.

Таким образом, цель данной работы — разработка комплексного метода принятия стратегических решений в управлении технологическими комплексами непрерывного типа, что способствует повышению эффективности предприятий, корпораций в разных отраслях промышленности (пищевой, химической, нефтеперерабатывающей).

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи.

1. Обоснование и исследование комплексной модели стратегического управления ТК непрерывного типа на примере ТК сахарного завода.
2. Обоснование метода выбора эффективных стратегических решений.

Предлагаемая комплексная модель и метод выбора эффективных стратегических решений в управлении ТК непрерывного типа рассматриваются в рамках идеализированного детерминированного подхода; предполагается, что все цели в динамической модели целей и все процессы сценариев выбора стратегических решений реализуются детерминированным образом, что является ограничением предлагаемого метода.

Комплексная модель и метод принятия стратегических решений

Стратегическое управление сложными организационно-технологическими объектами, в частности ТК непрерывного типа, предусматривает выполнение в определенной последовательности совокупности целенаправленных действий, сопровождающихся изменением показателей эффективности. При этом стратегия представляется как множество взаимосвязанных целей, которые являются составными частями глобальной цели, а это говорит о целостности стратегии в целом. Кроме того, стратегическое управление предполагает возможность модификации

и переориентации стратегии в течение определенного времени. Поэтому при построении модели целей используется сочетание методик статического и динамического [7] определения глобальной цели.

Комплексный метод принятия стратегических решений в управлении технологическими комплексами непрерывного типа рассматривается на примере технологического комплекса сахарного завода. Предложенный метод может быть применен для ТК непрерывного типа и в других отраслях, но уже с соответствующими этим отраслям показателями производства и эффективности, а также сформулированными целями, построенным целевым деревом, разработанными стратегическими сценариями для конкретного ТК непрерывного типа в конкретной отрасли. Описание в качестве примера ТК сахарного завода дает возможность конкретно проиллюстрировать данный метод. Для каждого конкретного сахарного завода нет специфики моделей, так как технология производства сахара на каждом сахарном заводе одинаковая. Поэтому задача комплексного выбора стратегических решений в управлении технологическим комплексом для конкретного сахарного завода такая же, как и для других.

Комплексная модель стратегического управления ТК непрерывного типа для предприятий сахарной промышленности состоит из взаимодействующих сетевых субмоделей [9]:

- модели целей, достижение которых направлено на повышение эффективности функционирования ТК непрерывного типа;
- модели сценариев, определяющих способы достижения целей;
- модели оценки эффективности для каждого сценария, которая обеспечит возможность выбора оптимального стратегического сценария.

Формальный аппарат определения целей базируется на сетях Петри, позиции которых сопоставлены с целями $c_i, i = 1, \dots, m$. Результатом процедуры моделирования является целевое дерево с весовыми коэффициентами, которые определяются экспертами для всех целей по уровням управления. Рассматриваемое целевое дерево составляет множество возможных вариантов целей. Модель статического определения целей стратегического управления ТК сахарного завода представлена на рис. 1.

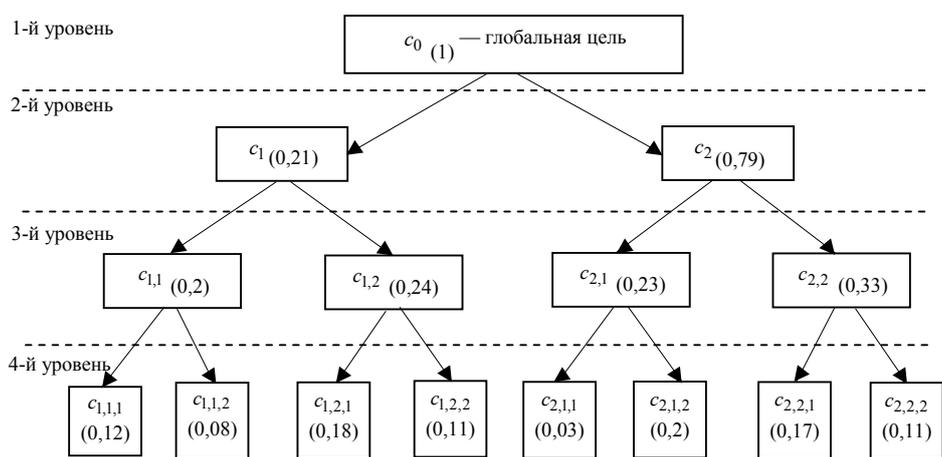


Рис. 1

Содержание целей для ТК сахарного завода представлено в табл. 1. Уровни управления соответствуют стратегическому, корпоративному управлению, управлению предприятием, оперативному управлению технологическим процессом, которые реализуются на разных временных интервалах.

Таблица 1

Обозначение	Содержание дерева целей
c_0	Максимизировать количество выработанной продукции
c_1	Максимизировать значение коэффициента производства
c_2	Минимизировать продолжительности производства
$c_{1,1}$	Увеличить производственную мощность сахарного завода
$c_{1,2}$	Усовершенствовать технологию производства
$c_{2,1}$	Восстановить сырьевую базу для производства сахарной свеклы и сахара в оптимальных объемах
$c_{2,2}$	Минимизировать потери в производстве
$c_{1,1,1}$	Проанализировать возможности увеличения производственной мощности сахарного завода
$c_{1,1,2}$	Внедрить энергосберегающие технологии
$c_{1,2,1}$	Оценить возможность модернизации и автоматизации технологического процесса
$c_{1,2,2}$	Модернизировать и автоматизировать технологический процесс
$c_{2,1,1}$	Оценить эффективность хранения сырья
$c_{2,1,2}$	Обеспечить своевременное поступление сырья
$c_{2,2,1}$	Усовершенствовать технологическую схему очистки диффузионного сока
$c_{2,2,2}$	Улучшить условия хранения сырья

Учитывая сложность процессов стратегического управления, которые направлены на достижение нескольких целей, построим динамическую модель дерева целей [6] для ТК сахарного завода (рис. 2). Достижение цели отражается наличием метки в соответствующей вершине дерева. При этом возможны конъюнктивная и дизъюнктивная зависимости. При конъюнктивной зависимости наличие меток во всех вершинах $c_{i,1}, \dots, c_{i,g}$ ведет к появлению метки в вершине c_i . При дизъюнктивной зависимости метка на вершине вносится при наличии хотя бы одной метки в любой из вершин $c_{i,1}, \dots, c_{i,g}$ (рис. 2). Тогда динамический процесс на дереве целей реализуется следующим образом. Метка в вершине $c_{1,1}$ устанавливается только в случае достижения целей $c_{1,1,1}$ и $c_{1,1,2}$. Метка в вершине $c_{2,1}$ устанавливается, если достигается либо цель $c_{2,1,1}$, либо цель $c_{2,1,2}$.

Особенностью динамики целевой модели является то, что если задать метку вершины верхнего уровня двухуровневого фрагмента дерева, то задание метки вершин нижнего уровня меняется.

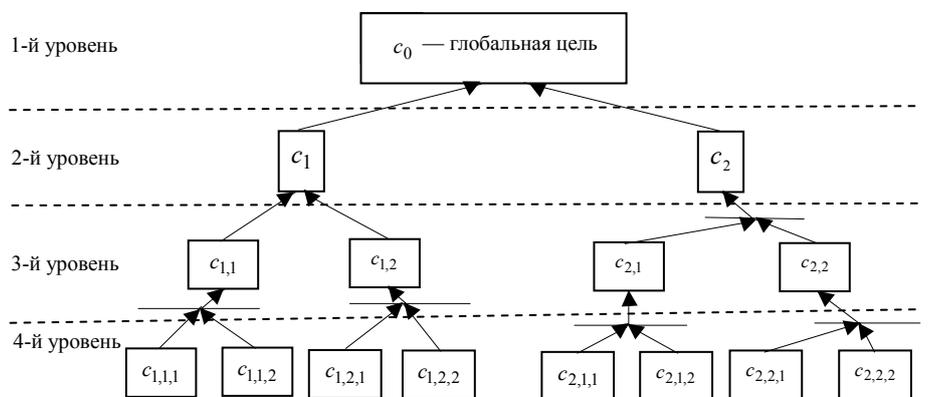


Рис. 2

Еще одна субмодель рассматриваемой комплексной модели представляет сценарии, которые определяют достижение иерархии целей на основании целевого дерева. Для моделирования порядка выполнения процессов в соответствии с определенными целями применяются диаграммы действий на основе сетей Петри [10] и диаграммы переходов на множестве действий.

Модель сценариев стратегического управления ТК непрерывного типа определяется следующим набором:

$$S = \langle D, C, T, R, V, P, \alpha, \beta \rangle, \quad (1)$$

где $D = \{d_i\}, i = 1, \dots, n$, — множество процессов, $C = \{c_i\}, i = 1, \dots, m$, — множество целей, $T = \{t_i\}, i = 1, \dots, k$, — множество переходов, $R = \{r_i\}, i = 1, \dots, r$, — множество ресурсов, $V = \{v_i\}, i = 1, \dots, z$, — множество факторов влияния внешней среды, $P = \{p_i\}, i = 1, \dots, q$, — множество показателей эффективности; $\alpha: T \times D \cup D \times T \rightarrow \{0, 1\}$ — функция инцидентности «процессы-переходы» (в матричной форме — $\|\alpha(d, t)\|$), $\beta: D \rightarrow 2^C$ — функция распределения целей (2^C — множество всех подмножеств C).

Модель сценариев в соответствии с деревом целей стратегического управления ТК сахарного завода представляет собой граф процессов и переходов с определенными альтернативными путями. Соответствие между процессами и целями устанавливается экспертами и отражает возможность достижения целей при реализации соответствующего процесса (рис. 3):

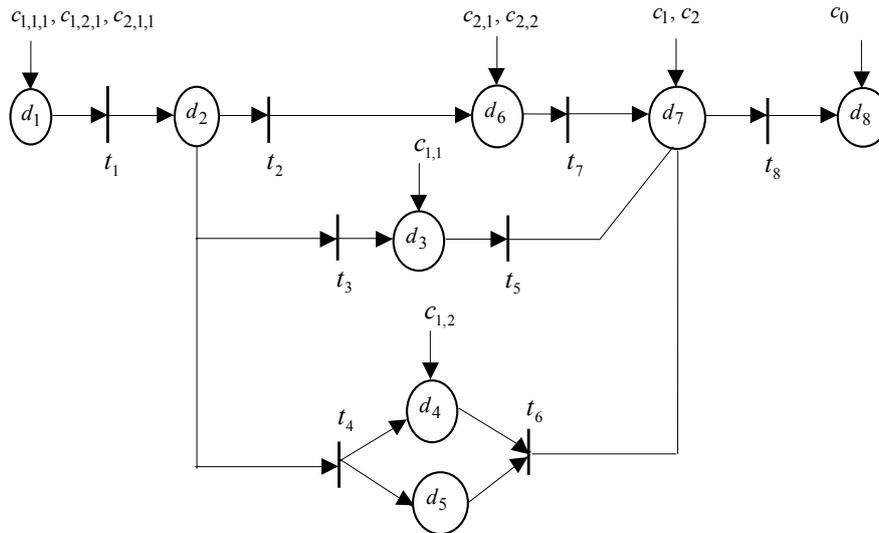


Рис. 3

В рассматриваемом графе (рис. 3) позиции сопоставлены процессам каждого сценария, а переходы — событиям «запуск–завершение» процесса. В каждой i -й позиции находится одна метка, если процесс $d_i, i = 1, \dots, n$, выполняется, и позиция пуста, если не выполняется. Переходы $t_i, i = 1, \dots, k$, срабатывают мгновенно. В результате срабатывания перехода из всех его входных позиций метки удаляются, а во все исходные позиции вносятся. Таким образом, диаграммы действий и переходов — это динамическая модель. В табл. 2 представлены процессы сценариев стратегического управления ТК сахарного завода.

Таблица 2

Обозначение	Содержание процесса
d_1	Оценка эффективности функционирования ТК сахарного завода
d_2	Определение различных стратегий развития производства на временном интервале τ
d_3	Внедрение энергосберегающих технологий (на интервале τ)
d_4	Модернизация и автоматизация технологического процесса (на интервале τ)
d_5	Ремонт и модернизация хранилищ (на интервале τ)
d_6	Обеспечение необходимого количества сырья соответствующего качества (на интервале τ)
d_7	Производство продукции
d_8	Реализация продукции

В момент, предшествующий непосредственному срабатыванию перехода t_i , осуществляется маркировка соответствующей вершины $c_{i,1}, \dots, c_{i,g}$ целевого дерева. Завершение определенного процесса $d_i, i = 1, \dots, n$, стратегического сценария отмечается срабатыванием перехода t_i и определяет достижение цели, соответствующей этому процессу. В результате составляется таблица (табл. 3) динамики достижения каждой из целей целевого дерева при выполнении процессов сценария. Если цель достигнута при выполнении процесса, то ставится «+», если цель не достигнута — «-».

Таблица 3

Цели \ Переходы	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8
c_0	+	-	+	+	+	+	+	+
c_1	+	+	+	+	-	-	+	+
c_2	+	+	+	-	-	+	-	+
$c_{1,1}$	+	-	+	+	+	+	+	+
$c_{1,2}$	+	-	+	+	+	+	+	+
$c_{2,1}$	+	+	+	+	-	-	+	+

Для каждого альтернативного стратегического сценария на основании табл. 3 строится матрица инцидентности, состоящая из таких элементов:

$$a_{il} = \begin{cases} 1, & \text{если сработал переход и цель достигнута,} \\ 0, & \text{если цель не достигнута.} \end{cases}$$

На основании построенной матрицы определяем степень достижения глобальной цели для каждого j альтернативного стратегического сценария:

$$W(S_j) = \sum c(t_i), \quad (2)$$

$$c(t_i) = \frac{\sum_{l=1}^g a_{il}}{g}, \quad (3)$$

где g — количество переходов, $i = 1, \dots, m$.

Еще одним этапом принятия стратегического решения является построение индекса эффективности для каждого альтернативного стратегического сценария. Функционирование ТК непрерывного типа, в том числе в отрасли сахарной промышленности, характеризуется множеством показателей производства, которые в ходе реализации каждого альтернативного стратегического сценария принимают разные значения.

Для ТК сахарного завода показатели производства не только влияют на показатель эффективности, но и характеризуются влиянием друг на друга. Для сахарного производства с помощью экспертов определены следующие показатели эффективности и производства, которые на них влияют (табл. 4).

Таблица 4

Показатели эффективности ТК сахарного завода	Показатели производства ТК сахарного завода				
	Количество переработанного сырья, (v_1)	Продуктивность, (v_2)	Выход готовой продукции, (v_3)	Затраты, (v_4)	Потери при производстве, (v_5)
Количество выработанного сахара, т (p_1)	0,24	0,10	0,26	0,21	0,19
Коэффициент производства (p_2)	0,17	0,14	0,29	0,18	0,22
Продолжительность производства, суток (p_3)	0,19	0,15	0,21	0,20	0,25

Показатели производства в свою очередь влияют на показатель эффективности и определяют его значение. Для того чтобы определить непосредственное влияние тех или иных показателей производства на показатель эффективности, построим когнитивную карту [11], вершины которой соответствуют показателям, дуги — воздействиям показателя производства на показатель эффективности, причем дуга характеризуется «весом» — положительным или отрицательным числом, которое задается экспертом (табл. 4). Вершины v_{kj} когнитивной карты (рис. 4) соответствуют показателям производства, а вершина p_{ij} — показателю эффективности.

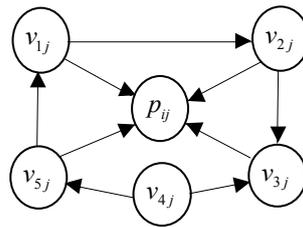


Рис. 4

Допустим, что оценка $\mu(p_{ij})$ показателя эффективности p_{ij} для каждого j -го сценария определяется линейной зависимостью

$$\mu(p_{ij}) = f(v_{1j}, v_{2j}, v_{3j}, v_{4j}, v_{5j}), \quad (4)$$

которая определяется в заданном экспертами классе функций на основании экспертных оценок с использованием весовых коэффициентов влияния показателей производства на соответствующий показатель эффективности. В случае сахарного завода эти коэффициенты влияния приведены в табл. 4.

Оценка эффективности осуществляется по обобщенному критерию эффективности, который выражается индексом эффективности каждого стратегического сценария. Индекс эффективности формируется следующим образом:

$$E(S_j) = \sum_{i=1}^n \mu(p_{ij}) w(p_{ij}), \quad (5)$$

где $w(p_{ij})$ — весовые коэффициенты показателей эффективности ТК p_{ij} , которые определяются экспертами; $\mu(p_{ij})$ — соответствующие оценки каждого

показателя, определенные в результате исследования влияния показателей производства на показатель эффективности.

Выберем наилучший стратегический сценарий с учетом достижения глобальной цели C и значения индекса эффективности. Процедура выбора иллюстрируется табл. 5, строки которой соответствуют стратегическим сценариям S_j в соответствии с графом процессов (рис. 3).

Таблица 5

Стратегический сценарий	Структура сценария	Степень достижения глобальной цели, $W(S_j)$	Индекс эффективности, $E(S_j)$	Оценка стратегического сценария I_j
S_1	$(d_1, d_2, d_6, d_7, d_8)$	6,125	2,516	15,41
S_2	$(d_1, d_2, d_3, d_6, d_7, d_8)$	7,875	2,552	20,09
S_3	$(d_1, d_2, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8)$	8,375	2,565	21,495!

Оценка эффективности каждого стратегического сценария определяется следующим образом:

$$I_j = W(S_j) * E(S_j). \quad (6)$$

Максимальное значение полученной оценки и определяет оптимальный стратегический сценарий развития ТК непрерывного типа. В нашем случае это — сценарий S_3 .

В статье рассмотрен комплексный метод принятия стратегических решений в управлении технологическими комплексами непрерывного типа на примере сахарного завода на универсальном академическом примере.

Современный темп изменений и развития технологий является настолько большим, что стратегическое управление для ТК непрерывного типа является единственным способом формального прогнозирования будущих проблем и возможностей, что обеспечивает создание плана развития на длительный срок. Стратегическое управление ТК непрерывного типа создает также основу для принятия решения. Знание стратегии дает возможность уточнить наиболее оптимальные пути действий. Применение комплексного метода способствует снижению риска при принятии решения, а также дает возможность получить более развернутую картину выбора стратегической альтернативы развития технологического комплекса непрерывного типа. Результатом применения данного подхода является повышение эффективности функционирования технологических комплексов непрерывного типа в различных отраслях промышленности (пищевой, химической, нефтеперерабатывающей), а также прогнозирование стратегического развития в условиях неопределенности и рисков. В настоящей статье исследован изложенный комплексный метод для условий ТК сахарного завода, что дало возможность разработать программный комплекс для применения в интеллектуальных системах управления технологическими комплексами непрерывного типа, в том числе на предприятиях, корпорациях сахарной промышленности. Рассмотрение результатов применения программного комплекса в интеллектуальных системах управления технологическими комплексами непрерывного типа является объемным самостоятельным научным исследованием и может служить предметом отдельных последующих статей.

Т.О. Прокопенко, Я.І. Зєлик

КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД ПРИЙНЯТТЯ СТРАТЕГІЧНИХ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ НЕПЕРЕРВНОГО ТИПУ

Розглянуто комплексний метод прийняття стратегічних рішень в управлінні технологічними комплексами неперервного типу в різних галузях промисловості (харчова, хімічна, нафтопереробна). Запропоновано комплексну модель стратегічного управління технологічним комплексом неперервного типу, а також на її основі метод вибору ефективного стратегічного рішення.

Т.А. Prokopenko, Ya.I. Zyelyk

COMPLEX METHOD OF STRATEGIC DECISION-MAKING IN MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL COMPLEXES OF CONTINUOUS TYPE

A complex method of strategic decision-making in the management of technology complexes of continuous type in various industries (food, chemical, oil refining). A comprehensive model of strategic management process of continuous-type complex, as well as its method of selection based on effective strategic decisions.

1. *Прокопенко Т.О., Ладанюк А.П.* Інформаційні технології управління організаційно-технологічними системами. — Черкаси : Вертикаль, 2015. — 224 с.
2. *Прокопенко Т.А., Ладанюк А.П.* Информационная модель управления технологическими комплексами непрерывного типа в классе организационно-технических систем // Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики». — 2014. — № 5. — С. 64–70.
3. *Ладанюк А.П., Шумигай Д.А., Бойко Р.О.* Ситуационное координирование подсистем технологических комплексов непрерывного типа // Там же. — 2013. — № 4. — С. 117–122.
4. *Архангельский В.И., Богаенко И.В., Грабовский Г.Г., Рюмишин Н.А.* Интегрированное управление производством: организационные и технологические аспекты менеджмента предприятия. — Киев : Техніка, 2005. — 328 с.
5. *Юдицкий С.А.* Моделирование циклов в процессах развития организационных систем // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — 2011. — № 2. — С. 17–20.
6. *Юдицкий С.А.* Операционно-целевое моделирование динамики развития организационных систем средствами сетей Петри // Автоматика и телемеханика. — 2008. — № 1. — С. 114–123.
7. *Юдицкий С.А.* Моделирование динамики многоагентных триадных сетей. — М. : СИНТЕГ, 2012. — 112 с.
8. *Трахтенгерц Э.А.* Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений: В 2-х томах. Т. 2. Реализация решений. — М. : СИНТЕГ, 2009. — 224 с.
9. *Прокопенко Т.О.* Комплексна модель стратегічного управління організаційно-технічними системами в умовах невизначеності // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. — 2013. — № 7. — С. 55–60.
10. *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем. — М. : Мир, 1984. — 264 с.
11. *Kosko B.* Fuzzy cognitive maps // International Journal Man-Machine Studies. — 1986. — 11. — P. 65–67.

*Получено 27.02.2017
После доработки 02.08.2017*