

24. Wehlte, S. The impact of wood preservatives on the flash pyrolysis of biomass / [S. Wehlte et al.] // Bridgwater AV, Boocock DGB, editors. Developments in thermochemical biomass conversion. Vol. 1. – London, 1997. – P. 206–219.

25. Xie, W. Thermal characterization of materials using evolved gas analysis / W. Xie, Wp. Pan // J Therm Anal Calorim. – 2001. – P. 669–685.

УДК 681.3.06

А. Н. Швецов, С. В. Дианов
Вологодский государственный университет

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В статье рассматривается проблема реализации мультиагентного подхода в системах организационного управления (СОУ), имеющих иерархическую структуру. Предложено рассматривать СОУ как совокупность функциональной, организационной и информационной проекций, отображаемых далее в соответствующие множества интеллектуальных агентов и информационных объектов.

Информационная технология, мультиагентные системы, поддержка принятия решений, организационные системы.

The article considers the problem of realization of multi-agent approach in organizational management systems (OMS), having a hierarchical structure. It is offered to consider OMS as the set of functional, organizational and information projections displayed further in the appropriate sets of the intellectual agents and information objects.

Information technology, multi-agent systems, decision support, organizational systems.

Введение.

Вопросы повышения эффективности функционирования систем организационного управления (СОУ) путем создания информационных систем поддержки принятия управленческих решений являются предметом пристального изучения на протяжении довольно длительного периода времени. Большой вклад в развитие данного направления внесли О. И. Ларичев, Б. З. Мильнер, А. В. Петров, М. М. Тихомиров, Э. А. Трахтенгерц, Б. Ф. Фомин [4]–[6], [8]–[10]. Существующие информационные технологии, используемые в СОУ, в соответствии с типом решаемых ими задач можно разделить на две группы: технологии автоматизация рабочих процессов и технологии автоматизации эвристической деятельности. Среди технологий первой группы наиболее используемыми являются Workflow-технологии, реализованные с помощью CASE-средств. К технологиям второй группы относятся экспертные системы и системы поддержки принятия решений (DSS – Decision Support System), которые строятся на базе систем анализа в реальном времени (OLAP – On-line Analytic Processing), информационных хранилищ данных (Data Warehouse) и технологий интеллектуального анализа данных (Data Mining). Однако они не вполне соответствуют существующим потребностям. Системы поддержки рабочих процессов имеют высокую стоимость покупки и настройки, а также не затрагивают наиболее важный момент в работе СОУ – содержательный анализ информации для принятия решений. Технологии поддержки эвристической деятельности имеют большую трудоемкость построения и сопровождения, нацелены на решение узкоспециализированных задач, требуют наличия соответ-

ствующей квалификации у пользователя и значительных затрат времени на работу с системой.

Устранить недостатки существующих технологий и построить систему, обеспечивающую весь цикл принятия управленческого решения, возможно с использованием мультиагентного подхода – стремительно развивающегося в последнее время направления в области создания информационных систем. Ему посвящено множество научных исследований, среди которых можно выделить труды В. И. Горюшко [3], В. Б. Тарасова [8], В. Ф. Хорошевского [2], R. Brooks [15], N. Jennings, M. Wooldridge [17], [18], K. Centarowicz [16]. Мультиагентная технология позволит строить распределенные интеллектуальные системы, что органично ложится в рамки процесса функционирования СОУ, основными звеньями которого являются распределенные по организационной структуре сотрудники, на основании своих интеллектуальных способностей формирующие общие рабочие процессы в СОУ; перераспределять процессы информационной обработки по элементам системы, что ведет к увеличению ее общей производительности; повысить оперативность реагирования СОУ на совершение требуемых действий; значительно сократить вмешательство человека в процесс функционирования системы, что экономит время пользователя и не потребует от него особых навыков работы с ней.

Основная часть.

Постановка задачи. В настоящее время достаточно глубоко проработаны вопросы агентных архитектур, моделей взаимодействия агентов, ментальных составляющих структуры агентов. При этом основной проблемой при практической реализации

мультисистем (МАС) является определение общих подходов к построению мультисистем применительно к специфике конкретной предметной области. Авторами статьи разработаны модели МАС, определяющие как раз такие подходы для СОУ, имеющих иерархическую структуру.

Структура СОУ включает множество взаимодействующих компонентов, имеющих свои задачи и полномочия, функционирующих совместно для достижения целей организации. Взаимодействие между компонентами осуществляется посредством информационного обмена, реализующего прямую и обратную связи при управлении организацией. Принятие любого управленческого решения циклично и состоит из последовательного ряда процедур, которые начинаются с определения цели и завершаются выполнением задач, порожденных этой целью. Управленческий цикл в СОУ состоит из следующих взаимосвязанных этапов: определение целей, выявление проблем; исследование проблем; поиск решения; оценка и выбор решения; согласование решения; утверждение решения; подготовка к вводу в действие решения; управление применением решения; проверка эффективности решения. Реализация управленческого цикла в СОУ имеет ряд особенностей, основными из которых являются: сложность идентификации информации для принятия решений, большое влияние человеческого фактора на процесс принятия решений и сложность определения критериев оценки для принятия решений.

Таким образом, решаемая задача заключается в разработке мультисистемной информационной технологии управления и поддержки принятия решений, учитывающей структуру и специфику управленческого цикла в СОУ и обеспечивающей определенные показатели эффективности подразделений СОУ.

Концептуальные модели мультисистемной организации управления (МАСОУ). Для построения моделей МАСОУ использована концепция информационных объектов (ИО) [14]–[17], в основу которой положена идея объектно-ориентированной декомпозиции предметной области объекта автоматизации и построение формальной аксиоматизируемой системы в логике 1-го порядка над идентифицированными ИО в целях определения поведения системы. ИО определяются как: $O = \langle NO, \{A\}, \{O\}, BM \rangle$, где NO – имя ИО; $\{A\}$ – множество атрибутов ИО; $\{O\}$ – множество объектов, вложенных в данный ИО; BM – модель поведения ИО.

СОУ рассматривается в виде трех взаимосвязанных проекций: организационной, отражающей реальную структуру, существующую в СОУ; функциональной, отражающей функционал СОУ и его распределение по организационной структуре; информационной, определяющей доступные источники информации и их содержание.

Общая структура СОУ представляется следующим образом:

1. Функциональная структура (FNC-структура):

$$M_F = \{F_{i,j}\}, i = j = F_0, \dots, F_{0 \dots N},$$

где $F_{0 \dots N}$ – функция со структурной последовательностью вхождений $0 \dots N$;

$$F_{i,j} = \begin{cases} \emptyset - \text{знак отсутствия структурного вхождения} \\ R - \text{знак структурного разбиения} \\ P - \text{знак структурной вложенности.} \end{cases}$$

2. Организационная структура (ORG-структура) имеет двухуровневое разбиение:

– уровень подразделений (D-уровень):

$$M_D = \{D_{i,j}\}, i = j = D_0, \dots, D_{0 \dots N},$$

где $D_{0 \dots N}$ – D-элемент ORG-структуры со структурной последовательностью вхождений $0 \dots N$;

$$D_{i,j} = \begin{cases} \emptyset - \text{знак отсутствия структурного вхождения} \\ R - \text{знак структурного разбиения} \\ P - \text{знак структурной вложенности;} \end{cases}$$

– уровень должностей (S-уровень):

$$M_S = \{S_{i,j}\}, i = j = S_0, \dots, S_{0 \dots N},$$

где $S_{0 \dots N}$ – S-элемент ORG-структуры со структурной последовательностью вхождений $0 \dots N$;

$$S_{i,j} = \begin{cases} \emptyset - \text{знак отсутствия структурного вхождения} \\ R - \text{знак структурного разбиения} \\ P - \text{знак структурной вложенности.} \end{cases}$$

Взаимосвязь S и D уровней ORG-структуры определяется как:

$$M_{SD} = \{SD_{i,j}\}, i = S_0, \dots, S_{0 \dots N}; j = D_0, \dots, D_{0 \dots N},$$

$$\text{где } SD_{i,j} = \begin{cases} 0 - S_i \text{ не входит в } D_j \\ 1 - S_i \text{ входит в } D_j. \end{cases}$$

3. Информационная структура (INF-структура) включает объекты информации, имеющие различную форму (распорядительные документы, письма, базы данных, графики, таблицы, рисунки и др.) и в совокупности представляющие информационную среду как отдельных компонентов, так и системы в целом:

$$M_{P-I} = \{OI_1, \dots, OI_N\}.$$

Соответственно, существуют три модели агентов системы: информационная, функциональная и организационная. Информационная модель основана на том, что объекты информации могут заключать в себе отображение некоторой части среды функционирования СОУ, или некоторой ситуации:

$$(F_x \vee \dots \vee F_y) \rightarrow Sit_K,$$

где $F_x, \dots, F_y$ – формулы; Sit_K – ситуация. В формулах в качестве концептов и предикатов выступают пассивные ИО, имена которых представляют название терминов и связей между ними, существующих в предметных областях деятельности сотрудника СОУ:

$$F_x = \left(\left(\Pr : NO_J^{(C)} \left(Cn : NO_I^{(C)}, Cn : NO_M^{(C)} \right) \wedge \dots \wedge \right. \right. \\ \left. \left. \wedge \dots \wedge \Pr : NO_P^{(C)} \left(Cn : NO_D^{(C)}, Cn : NO_F^{(C)} \right) \right) \rightarrow Sit_K, \right.$$

где $\Pr : NO_J$ – объект с именем NO_J , обозначающий предикат предметной области; $Cn : NO_I$ – объект с именем NO_I , обозначающий концепт предметной области; значок $\{C\}$ означает, что имена объектов NO могут отображать понятия предметной области относительно употребленного контекста значений своих атрибутов $\{A\}$. Объекты информации, входящие в информационную среду S -элемента ORG-структуры для того, чтобы быть понятными ему, должны представляться в виде должным образом упорядоченных наборов комбинаций терминов и предикатов предметной области или отображающих их ИО:

$$OI_N(S_{0\dots N}) := \left(\left(\Pr : NO_J^{(C)} \left(Cn : NO_I^{(C)}, Cn : NO_M^{(C)} \right) \wedge \dots \wedge \right. \right. \\ \left. \left. \wedge \dots \wedge \left(\Pr : NO_P^{(C)} \left(Cn : NO_D^{(C)}, Cn : NO_F^{(C)} \right) \right) \right) \right).$$

С другой стороны, объекты информации несут некоторый контекст, значимый для идентификации S -элементом способа и порядка их обработки. Данный контекст определяется исходя из значений атрибутов объекта информации:

$$OI_N^A = \{A_1^{OI}, \dots, A_N^{OI}\}.$$

Таким образом, общая структура объектов информации с точки зрения S -элемента выглядит следующим образом:

$$O(OI_N) := \langle NO^{OI}, \{A_1^{OI}, \dots, A_N^{OI}\}, \{Cn : \{NO_I^{(C)}, \dots, NO_M^{(C)}\}, \\ \Pr : \{NO_J^{(C)}, \dots, NO_P^{(C)}\}\}, \emptyset \rangle.$$

Функциональная модель агентов основана на следующих утверждениях. Для каждого S -элемента системы установлено свое множество выполняемых им функций

$$F(S_{0\dots N}) = \{F_{0\dots i}, F_{0\dots k}\},$$

которые он реализует посредством соответствующего набора сценариев

$$F_{0\dots i}(S_{0\dots N})^{RZ} = \{C_i, \dots, C_p\}.$$

Выполнение сценария состоит из совершения определенной последовательности операций

$$C_i^o = \{Op_i, \dots, Op_p\},$$

которые представляют собой элементарные действия (процедуры), выполняемые S -элементом. В функциональной модели определены два вида агентов: агент операции и агент сценария. Агенты операций заняты непосредственно выполнением операций и имеют в качестве атрибутов набор входящих параметров и набор параметров, содержащих результаты их выполнения:

$$O(Op_i) := \langle NP_i, \{Po_1, \dots, Po_N\}, \emptyset, BM \rangle.$$

Агенты сценариев выполняют действия по идентификации текущих операций и их параметров:

$$O(C_i) := \langle NC, \emptyset, (VO(C_i), C_i^o) BM \rangle,$$

где C_i^o – набор операций, реализующих сценарий; $VO(C_k)$ – объект, содержащий результаты ранее выполненных операций ($VO(C_k)^o = \{Op_i^V, \dots, Op_k^V\}$).

Объект результата выполнения операции определяется как:

$$O(Op_i^V) := \langle NO^V, Rz(Op_i^V), \emptyset, \emptyset \rangle,$$

где $Rz(Op_i^V)$ – результат выполнения операции Op_i .

Организационная модель агентов определена понятием агента сотрудника, в задачи которого входит идентификация сценариев поведения системы. Общая функциональность агента сотрудника представляется посредством множества сценариев, реализующих все возложенные на него задачи $F(S_{0\dots i}) := \{C_i, \dots, C_p\} \cap \dots \cap \{C_a, \dots, C_b\}$.

У каждого агента сотрудника имеется своя информационная среда (часть INF-структуры СОУ, доступной данному агенту): $IS(S_{0\dots i}) = \{OI_i, \dots, OI_n\}$. Общая объектная структура агента сотрудника определяется следующим образом:

$$O(S_{0\dots i}) := \langle NO^S, \{A_1^S, \dots, A_n^S\}, \\ (F(S_{0\dots i}), IS(S_{0\dots i})), BM \rangle,$$

где NO^S – имя агента сотрудника; $\{A_1^S, \dots, A_n^S\}$ – набор атрибутов агента сотрудника.

Модели процессов МАСОУ определяются моделями поведения входящих в ее состав агентов: агента сотрудника, агента сценария и агента операции. Агенты строят свое поведение на основе вывода по базам знаний, которые состоят из отдельных блоков (модулей), содержащих описание значимых си-

туаций и реакцию агентов на их возникновение. В модели поведения агента сотрудника используются три типа логических модулей:

1. Логические модули определения последовательности обработки изменений информационной среды $LM^{PO} = F_1^{PO} \cup \dots \cup F_n^{PO}$, в которых формулы определения последовательности обработки информации имеют вид:

$$F_x^{PO} = \left(\left(\text{Pr} : NO_j^{[C]} \left(Cn : NO_i^{[C]}, Cn : NO_M^{[C]} \right) \wedge \dots \wedge \right. \right. \\ \left. \left. \wedge \dots \wedge \text{Pr} : NO_P^{[C]} \left(Cn : NO_D^{[C]}, Cn : NO_F^{[C]} \right) \right) \rightarrow M_{PR} \right),$$

где $M_{PR} = \{1, 2, \dots\}$ – оценка приоритетности.

2. Логические модули идентификации сценариев $LM^{IDC} = F^{IDC}(C_1) \cup \dots \cup F^{IDC}(C_J)$ содержат формулы:

$$F_x^{IDC}(C_K) = \left(\left(\text{Pr} : NO_j^{[C]} \left(Cn : NO_i^{[C]}, Cn : NO_M^{[C]} \right) \wedge \dots \wedge \right. \right. \\ \left. \left. \wedge \dots \wedge \text{Pr} : NO_P^{[C]} \left(Cn : NO_D^{[C]}, Cn : NO_F^{[C]} \right) \right) \rightarrow C_K \right).$$

По каждому сценарию может быть определено множество таких формул для всех возможных случаев его идентификации

$$F_x^{IDC}(C_K) = \{F_1^{IDC}(C_K), \dots, F_J^{IDC}(C_K)\}.$$

3. Логические модули определения необходимости и возможности совершения идентифицированного сценария

$$LM^{AC}(S_{0 \dots N}) = F^{AC}(C_1) \cup \dots \cup F^{AC}(C_J).$$

Здесь в формулах определяется возможность или невозможность выполнения сценария применительно к существующим условиям:

$$F_x^{AC}(C_K) = \left(\text{Pr} : NO_j^{[C]} \left(Cn : NO_i^{[C]}, Cn : NO_M^{[C]} \right) \wedge \dots \wedge \right. \\ \left. \wedge \dots \wedge \text{Pr} : NO_P^{[C]} \left(Cn : NO_D^{[C]}, Cn : NO_F^{[C]} \right) \right) \rightarrow \\ \rightarrow \{ \text{"принять"}, \text{"отклонить"} \}.$$

Для каждого сценария имеется свой набор формул, который описывает все условия, при которых возможно выполнение данного сценария агентом сотрудника:

$$F^{AC}(C_K) = \{F_1^{AC}(C_K), \dots, F_J^{AC}(C_K)\}.$$

Агент сотрудника принимает объекты изменения информационной среды $O^{TIS} := \langle NO^{TIS}, A^{ID}, \emptyset, \emptyset \rangle$ (где A^{ID} – идентификатор изменения информационной среды) и формирует и передает в адрес агента сценария объекты идентифицированного сценария

$O^{IDC} := \langle NO^{IDC}, \{A^{ID}, A^C\}, \emptyset, \emptyset \rangle$ (где A^C – наименование идентифицированного сценария).

Модель поведения агента сценария содержит:

1. Логический модуль LM^{SO} для определения возможных операций по сценарию для каждой стадии его выполнения исходя из результатов ранее закончившихся операций. В данном модуле существуют следующие типы высказываний:

– начальная стадия выполнения сценария:

$Pp((VO(C_K)^O) = \emptyset) \rightarrow Op_i$ (где $Pp(\dots)$ – первичная мощность объекта);

– промежуточные стадии выполнения сценария:

$(Rz(Op_N^V) \wedge \dots \wedge Rz(Op_K^V)) \rightarrow Op_i$;

– окончание выполнения сценария:

$(Rz(Op_N^V) \wedge \dots \wedge Rz(Op_K^V)) \rightarrow \text{"конец"}.$

2. Логический модуль идентификации параметров операций LM^{IPO} , типовые формулы которого имеют вид:

$$F_x = \left(\left(\text{Pr} : NO_j^{[C]} \left(Cn : NO_i^{[C]}, Cn : NO_M^{[C]} \right) \wedge \dots \wedge \right. \right. \\ \left. \left. \wedge \dots \wedge \text{Pr} : NO_P^{[C]} \left(Cn : NO_D^{[C]}, Cn : NO_F^{[C]} \right) \right) \rightarrow Sit_K \right) \rightarrow \\ \rightarrow (PV_y(Op_N) = X(Sit_K)).$$

Агент сценария принимает два вида объектов: от агента сотрудника O^{IDC} и от агента операции объект результата выполнения операции: $O^{RZ} := \langle NO^{RZ}, \{A^{IDC}, A^{RZ}\}, \emptyset, \emptyset \rangle$ (где A^{IDC} – идентификатор выполняемого сценария; A^{RZ} – результат выполнения операции). В модели поведения агента сценария генерируются и передаются в адрес агента операции объекты идентифицированных к выполнению операций: $O^{IDO} := \langle NO^{IDO}, \{A^{IDC}, A^{NO}, A^{PAR}\}, \emptyset, \emptyset \rangle$ (где A^{NO} – название идентифицированной операции; A^{PAR} – значения параметров выполнения операции).

В модели поведения агента операций не используются логические модули. Данный агент принимает объекты, а также порождает и передает в адрес агента сценариев объекты O^{RZ} . Алгоритмы реализации моделей поведения агентов MASOU представлены на рисунке.

Компонент взаимодействия в моделях MASOU представляет собой систему агентов, реализующих функционал отдельного сотрудника. Взаимодействие двух компонентов в каждом конкретном случае несет в себе необходимость для одного из них использовать функционал другого в целях решения общих задач СОУ. При этом происходит следующее: компонент-заказчик в результате совершения определенного своего сценария порождает или изменяет один или несколько ИО, входящих в информационную среду компонента-исполнителя, а тот в свою очередь по результатам анализа произошедших изменений своей информационной среды (логического вывода по формулам модулей LM^{IDC}), идентифицирует и совершает требуемые действия.

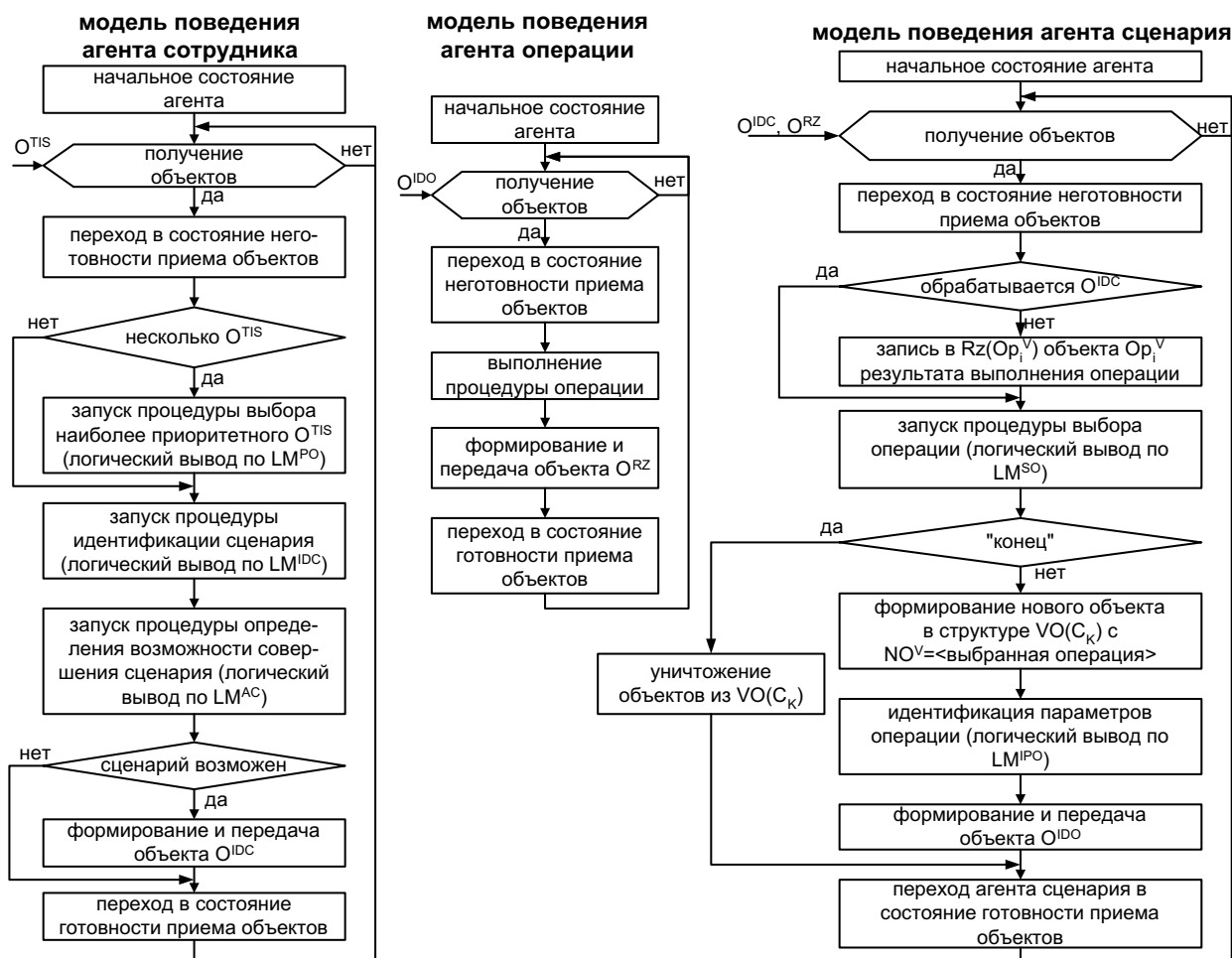


Рисунок. Алгоритмы реализации моделей поведения МАСОУ

Выводы.

Мультиагентные системы не нашли пока широкого применения в организационных структурах. Применительно к данной предметной области можно отметить модель, предложенную В. А. Виттихом и П. О. Скобелевым [18]. В отличие от их модели, ориентированной на поддержку принятия решений в холонических организационных структурах (организации, состоящие из динамически взаимодействующих частей, способных к автономному существованию), разработанные модели ориентированы на поддержку принятия решений в иерархических организационных структурах.

Литература

1. Виттих, В. А. Мультиагентные модели взаимодействий для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах / В. А. Виттих, П. О. Скобелев // Автоматика и телемеханика. – 2003. – №1. – С. 177–185.
2. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб., 2000.
3. Городецкий, В. И. Информационные технологии и многоагентные системы / В. И. Городецкий // Проблемы информатизации. – 1998. – Вып. 1. – С. 3–14.
4. Качанова, Т. Л. Информационная технология решения стратегических проблем / Т. Л. Качанова, Б. Ф. Фомин. – СПб., 2002.

5. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах / О. И. Ларичев. – М., 2003.
6. Мильнер Б. З. Теория организации: Учебник / Б. З. Мильнер. – М., 2012.
7. Петров А. В. Подготовка и принятие управленческих решений / А. В. Петров, Ю. Г. Федулов. – М., 2000.
8. Тарасов, В. Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте / В. Б. Тарасов // Новости искусственного интеллекта. – 1998. – №2. – С. 5–64.
9. Тихомиров, М. М. Системы информационной и интеллектуальной поддержки управленческой деятельности в структурах государственной службы / М. М. Тихомиров. – М., 1995.
10. Трахтенгерц, Э. А. Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений: в 2 т. / Э. А. Трахтенгерц. – М., 2009.
11. Швецов, А. Н. Агентно-ориентированные системы: виртуальные сообщества / А. Н. Швецов. – Вологда, 2014.
12. Швецов, А. Н. Агентно-ориентированные системы: основные модели / А. Н. Швецов. – Вологда, 2012.
13. Швецов, А. Н. Мультиагентные системы: Учебное пособие / А. Н. Швецов. – Вологда, 2012.
14. Швецов, А. Н. Распределенные интеллектуальные информационные системы / А. Н. Швецов, С. А. Яковлев. – СПб., 2003.

15. Brooks, R. A. Intelligence without representation / R. A. Brooks // Artificial Intelligence. – 1991. – № 47. – P. 139–159.

16. Cetnarowicz, K. A Formal Specification of M-Agent Architecture; Ed. by B. Keplics, E. Nawarecki / K. Cetnarowicz, P. Gruer, V. Hilaire, A. Koukam // Proc. of the Second Int. Workshop of Central and Eastern Europe on Multi-Agent Systems. – Poland, 2001. – P. 41–50.

17. Wooldridge, M. An Introduction to Multi-Agent Systems / M. Wooldridge. – John Wiley and Sons, 2002.

18. Wooldridge, M. The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design / M. Wooldridge, N. R. Jennings, D. Kinny // Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. – 2000. – 3(3). – P. 285–312.

УДК 621.778.04

Р. А. Юдин, Н. И. Шестаков, И. Р. Юдин, Н. А. Тувалин
Череповецкий государственный университет

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛИРУЕМЫХ АТМОСФЕР В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В статье рассмотрены вопросы, связанные с применением контролируемых атмосфер в термических печах с муфельированием садки и пламени различных производств. Эти атмосферы защищают поверхность металлопродукции от окисления и обезуглероживания, восстанавливают химически чистое железо и углеродный потенциал на поверхности металлопродукции. Показаны пути энергосбережения, снижения материальных и трудовых затрат, актуальность расширения объемов внедрения.

Аммиак (NH₃), химически чистый азот (99,9 % N₂), азотно-водородная смесь (ABC – 25 % N₂, 75 % H₂), защитный газ (4–5 % H₂, 96–95 % N₂), оксид и диоксид углерода, водород и водяные пары, коэффициент расхода воздуха.

The article considers the problems of applying controlled atmospheres in thermal furnaces with hiding of content and fire in different manufactures. These atmospheres protect surfaces of metals from oxidation and carbon escape, they restore chemically pure iron and carbon potential. The ways of energy saving, reduction of material and labor costs, relevance of the volume of implementation are shown in the paper.

Ammonia (NH₃), chemically pure nitrogen (99,9 % N₂), nitrogen-hydrogen mixture (ABC – 25 % N₂, 75 % H₂), protecting gas (4–5 % H₂, 96–95 % N₂), oxide and carbon dioxide, hydrogen and water vapor, flow rate of air.

Введение.

Получению и применению контролируемых атмосфер посвящена монография [2], а защите стали от окисления и обезуглероживания, для которых предназначены эти атмосферы – монография [1]. Однако в них целенаправленно не рассмотрены задачи энергосбережения, снижения материальных и трудовых затрат. Это приводит к существенному повышению себестоимости контролируемых атмосфер.

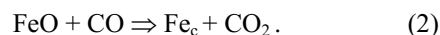
Основная часть.

Наиболее часто в качестве контролируемых атмосфер используют защитный газ, состоящий из 93–95 % азота и соответственно 7–5 % водорода или суммы водорода и оксида углерода. Влажность атмосферы не должна превышать –40 °С, поэтому ее и химический состав непрерывно контролируют. Азот при температурах 900–1000 °С является инертным газом, а водород восстанавливает на поверхности стали химически чистое железо по реакции:



В связи с небольшим содержанием водорода и оксида углерода такие атмосферы имеют слабые восстановительные свойства, однако гарантированно предохраняют поверхность стали от окисления, по-

этому их называют защитным газом. Ранее его получали двумя способами: из аммиака и технического азота и из природного газа. При использовании первого способа защитный газ содержит азот и водород, а при втором – также оксид углерода. Реакция восстановления на поверхности стали химически чистого железа оксидом углерода подобна (1) и имеет следующий вид:



Из реакции (2) следует, что в отличие от водорода оксид углерода позволяет не только восстановить на поверхности стали химически чистое железо, но и реставрировать ее углеродный потенциал. Это весьма актуально для шарикоподшипниковой стали ШХ-15 и игольной проволоки, так как именно эти виды продукции не допускают обезуглероживания.

Первый способ применили на газозащитных станциях (ГЗС) ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод» (ЧСПЗ) и Череповецком металлургическом комбинате (ЧМК) ОАО «Северсталь», второй – на ГЗС «Орловский сталепрокатный завод» (ОСПЗ). В настоящее время ЧСПЗ и ОСПЗ входят в состав компании ОАО «Северсталь-метиз». Проектированием ГЗС обоих заводов, технадзором за строительством и наладкой занимались институт «Стальпро-