

процентом опилочной фракции приобретает большую массу (табл. 2).

Введение в состав арболита опилок изменяет его плотность (объемную массу). С увеличением содержания опилок данный параметр в зависимости от соотношения фракций может возрастать с 550 до 800 кг/м³, т. е. на 45,4% от первоначальной плотности (рис. 1).

Фракционный состав арболита определенным образом влияет на коэффициент теплопроводности и тепловое сопротивление данного композита. При увеличении содержания опилочной фракции в заполнителе коэффициент теплопроводности арболита заметно возрастает, а тепловое сопротивление, соответственно, снижается. Следует отметить, что при минимальном показателе коэффициента теплопроводности, составляющем 0,08 Вт/м·К, и максимальном тепловом сопротивлении 0,42 м²·К/Вт арболит превосходит данной характеристикой многие строительные материалы, в том числе и дерево, являясь эффективным теплоизолятором. При своем максимальном значении $\lambda = 0,18$ Вт/м·К, и, соответственно, минимальном $R = 0,16$ м²·К/Вт, арболит соответствует требованиям существующего стандарта.

Содержание в древесном заполнителе арболита опилочной фракции существенно отражается на его механической прочности при сжатии. При определенных соотношениях фракций прочность при сжатии возрастает с 1,07 до 1,37 МПа, т. е. на 28,03 %, а максимальная разница в экспериментальных данных составляет 6 МПа или 58,82 % (рис. 3).

Важно отметить тот факт, что арболит как строительный материал представляет наибольшую ценность, сочетая в себе наиболее высокие физико-механические показатели. Отдельно рассмотренные экспериментальные данные не дают полной картины свойств и не могут служить объективной характеристикой данного композита. Оптимальные физико-механические показатели должны сочетать в себе высокую прочность при относительно небольшой

плотности и минимальном коэффициенте теплопроводности.

Анализируя результаты эксперимента, можно выделить из опытных образцов арболит, фракционный состав которого представляет собой следующее соотношение: 1,05 м³ технологической щепы и 0,25 м³ опилок (образец 4 – табл. 1). Именно с этой пропорцией связано резкое увеличение показателя прочности при сжатии (на 28 %), соответствующее относительно низкому коэффициенту теплопроводности (0,14 Вт/м·К) и плотности 733 кг/м³. При максимальных прочностных показателях, принадлежащих образцу 6 (1,62 МПа), происходит заметное увеличение плотности (800 кг/м³) и коэффициента теплопроводности (0,18 Вт/м·К).

Результаты исследования позволяют сказать, что в процессе производства арболита частичная замена технологической щепы на опилки или мелкую стружку позволяют получить материал конструкционного класса. При этом часть достаточно дорогой технологической щепы заменяется более дешевым и легко доступным заполнителем. Данная технология рекомендуется к применению в производственном процессе.

Литература

1. ГОСТ 19222 – 84. Арболит и изделия из него. Общие технические требования – Взамен ГОСТ 19222 – 73; введ. 01.01.1985. – URL: http://www.infosait.ru/norma_doc/3/3452/index.htm
2. ГОСТ 7076-99. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. – Взамен ГОСТ 7076-87 введ. с 1.04. 2000 г. постановлением Госстроя России от 24 декабря 1999 г. № 89. – URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/6/6838/index.htm>
3. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности: Учеб.-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов н/Д., 2007.

УДК 681.3.06

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

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Работа поддержана грантом РФФИ №15-01-04713 а

На сегодняшний день не существует объективных критериев оценки эффективности функционирования систем организационного управления (СОУ). Авторами статьи предлагается для оценки деятельности определенного класса подобных систем использовать теорию систем массового обслуживания. Практическая реализация подхода рассмотрена на примере отдела по рассмотрению обращений граждан в органах государственного управления. Показано, что разработанная система критериев оценки эффективности СОУ может быть использована, в том числе применительно к автоматизированным информационным системам.

Системы организационного управления, мультиагентные системы, критерии эффективности функционирования, системы массового обслуживания.

At present there are no objective criteria for the assessment of efficiency of functioning of managerial control system (MCS). The authors proposed to measure the performance of a certain class of such systems is to use the theory of queueing systems. Practical implementation of the approach is considered by the Department on consideration of references of citizens in government. It is shown that the developed system of criteria for assessing the effectiveness of MCS can be used, in relation to the automated information systems.

Managerial control system s, multi-agent systems, criteria of efficiency of functioning, systems of mass service.

Введение.

Современная организационная система является сложной системой управления, включающей много-сортные множества взаимосвязанных и взаимодействующих в пространстве и во времени элементов, формирующих ее интегративные свойства и функционирующих совместно для достижения целей, поставленных перед системой [6].

Для того, чтобы оценить эффективность функционирования СОУ, необходим соответствующий набор критериев оценки. До сих пор в качестве таковых выступали либо субъективные оценки, либо системы нормативов на выполнение отдельных операций. С точки зрения авторов, соответствующий набор критериев эффективности можно получить путем построения модели процесса организации работ в СОУ в нотации теории систем массового обслуживания [1], [3], [4].

Основная часть.

Реализация прототипа мультиагентной системы организационного управления. Существует довольно богатый набор средств, с помощью которых возможна реализация мультиагентных систем (МАС) [2], [5], [10], [12]–[13]. Однако они, как правило, имеют ориентацию на определенную предметную область, а их использование в других областях либо невозможно, либо налагает на разрабатываемые системы ограничения, в результате чего они получают не в полной мере адекватными реальным потребностям. Кроме того, разработчики подобных инструментов пытаются достичь универсальности за счет предоставления возможности дописывать программный код, к чему зачастую и сводится процесс разработки МАС. Проведенный авторами анализ существующих средств построения МАС не выявил таких, которые могли бы непосредственно использоваться для построения мультиагентной системы организационного управления (МАСОУ). Поэтому для практической реализации представленной модели авторами разработана технология проектирования МАСОУ, в основе которой лежит адаптированная методология проектирования распределенных интеллектуальных информационных систем А. Н. Швецова и С. А. Яковлева [7], [10], [11]. Проектирование МАСОУ осуществляется в соответствии с представленными моделями и состоит из следующих основных этапов: концептуализация, формализация, разработка архитектуры, программная реализация [8], [9].

Примером практической реализации предложенного подхода явилось создание МАС для решения одной из наиболее общих задач в системах организационного управления – организации работ по рассмотрению обращений граждан. С использованием

разработанной технологии проектирования был создан прототип мультиагентной системы отдела писем и приема граждан (ОППГ) Правительства Вологодской области. В качестве базового средства программной реализации системы использован язык программирования Java; в качестве средства представления информационной среды – реляционные базы данных (Access 8.0); в качестве средства взаимодействия между агентами – технология Java RMI; в качестве средства реализации баз знаний агентов – PROLOG+CG.

Модель процесса организации работ по рассмотрению обращений граждан в нотации теории систем массового обслуживания. В органах власти обращения представляют собой каналы обратной связи, характеризующие работу данных структур. Здесь повышение эффективности данного направления работ является одним из факторов повышения эффективности всей организационной структуры. В настоящее время широко не известно о существовании четко определенной системы оценок процесса организации работ по рассмотрению обращений граждан. Авторами статьи предложено получить соответствующий набор критериев эффективности путем построения модели процесса организации работ по рассмотрению обращений граждан, основанной на теории систем массового обслуживания.

Анализ рассматриваемого вида систем показывает, что их можно формализовать к виду открытых многоканальных систем с беспriorитетной неограниченной очередью, в которых в качестве каналов обслуживания выступают сотрудники, занимающиеся организацией работ по рассмотрению обращений, а в качестве заявок – типовые операции, выполняемые этими сотрудниками. Существуют следующие виды заявок: регистрация и определение порядка рассмотрения обращений; изменение сроков контроля; снятие с контроля; контроль хода исполнения; создание периодической отчетности; создание отчетов по запросам. Поскольку каждый из видов заявок поступает от большого числа независимых источников (в основном граждане и структуры СОУ, имеющие отношение к рассмотрению обращений) за определенный интервал времени (принятый интервал подведения итогов работы отдела – месяц и год), то входящий поток заявок рассматривается как пуассоновский. Так как время обслуживания каждого из видов заявок в системе носит случайный характер при небольшом разбросе подавляющей их части около средних значений, можно предположить, что оно подчиняется показательному закону распределения. В системе существует единственная очередь, куда помещаются заявки всех видов. Дисциплина ожидания в очереди беспriorитетная, организована по правилу FIFO (First In – First Out).

Исходными параметрами, характеризующими систему, являются: число каналов обслуживания – N ; интенсивность поступления заявок – λ ; интенсивность обслуживания заявок – μ . Интенсивность поступления заявок определяется как величина, обратная среднему времени между поступлениями двух смежных заявок (t_p): $\lambda = 1/t_p$. Интенсивность обслуживания заявок определяется как величина, обратная времени обслуживания одного требования (t_o): $\mu = 1/t_o$.

Рассматривается установившийся режим работы системы, когда основные вероятностные характеристики ее постоянны во времени и интенсивности входных и выходных потоков сбалансированы. Общая интенсивность поступления заявок определяется как:

$$\lambda_o = \sum_{i=1}^6 \lambda_i,$$

где λ_i – интенсивность поступления заявки i -го вида.

Общая интенсивность обслуживания заявок:

$$\mu_o = \sum_{i=1}^6 \mu_i,$$

где μ_i – интенсивность обслуживания заявки i -го вида.

Коэффициент загрузки устройства определяется как: $\psi = \lambda/\mu = t_o/t_p$. Общий коэффициент загрузки устройства системы:

$$\psi_o = \sum_{i=1}^6 \psi_i,$$

где ψ_i – коэффициент загрузки устройства для обслуживания заявки i -го вида.

Задача описания многоканальных систем с ожиданием решается путем представления всех возможных состояний системы в виде размеченного графа. В этом случае каждый узел графа определяет одно из возможных состояний системы: P_0 – в системе нет заявок, все каналы простаивают; P_1 – в системе находится одна заявка; P_n – в системе находится n заявок. При этом в многоканальной системе различают два случая:

1) число требований n , поступивших в систему, меньше количества каналов обслуживания N , т. е. все заявки обслуживаются ($0 \leq n < N$):

$$P_n' = P_0 \times \psi_o^n / n!;$$

2) число требований n , поступивших в систему, больше или равно числу каналов обслуживания N ($N \leq n$), т. е. N требований обслуживаются, а остальные находятся в очереди:

$$P_n'' = P_0 \times \psi_o^n / N! \times N^{n-N}.$$

Вероятность отсутствия заявок в системе определяется как:

$$P_0 = (1 + \sum_{n=1}^{N-1} \psi_o^n / n! + \sum_{n=N}^{\infty} \psi_o^n / (N! \times N^{n-N}))^{-1}.$$

В качестве критериев эффективности функционирования системы определены:

средняя загрузка каналов системы:

$$\gamma = \sum_{n=1}^N (1 - \sum_{k=0}^{n-1} P_k) / N;$$

средняя длина очереди:

$$L_q = \psi_o^{N+1} P_0 / (N-1)! (N - \psi_o)^2;$$

среднее число заявок в системе:

$$L_s = L_q + \psi_o;$$

средняя продолжительность пребывания заявки в очереди:

$$W_q = L_q / \lambda_o;$$

средняя продолжительность пребывания заявки в системе:

$$W_s = W_q + 1/\mu_o.$$

С помощью представленной модели возможно определение оптимально необходимого количества каналов устройства системы. Наиболее эффективной можно считать систему, у которой:

1) значения L_q , L_s , W_q и W_s лежат в пределах диапазона желаемых значений (L_q' , L_s' , W_q' , W_s'), т. е. $L_q \leq L_q'$, $L_s \leq L_s'$, $W_q \leq W_q'$, $W_s \leq W_s'$;

2) наиболее высокий показатель средней загрузки каналов устройства.

Экспериментальное исследование прототипа МАСОУ. С целью определения эффективности функционирования созданного прототипа МАС ОППГ был проведен вычислительный эксперимент, в рамках которого получены исходные характеристики работы отдела писем и прием граждан и прототипа мультиагентной системы данного отдела, и с использованием аналитической и реализованной на языке GPSS World имитационной моделей получены оценки эффективности их функционирования применительно к различному числу каналов. Исходные характеристики существующей системы и прототипа МАС, полученные в результате проведенных экспериментов, опросов, статистического анализа баз данных и наблюдений за работой отдела приведены в табл. 1. Результаты расчетов показателей эффективности системы с различным количеством каналов обслуживания, полученные с использованием аналитической и имитационной моделей, приведены в табл. 2.

Вопрос об эффективности использования мультиагентного подхода рассматривался с двух позиций: во-первых, сравнивались наиболее эффективные варианты для существующей системы и прототипа

МАС, и, во-вторых, одинаковые варианты для данных систем. Сравнительные диаграммы показателей эффективности для моделей существующей системы и прототипа МАС представлены на рисунке.

На основании полученных результатов можно говорить о том, что при использовании прототипа МАС уменьшение количества каналов на один не изменяет показателей эффективности работы отдела. При одинаковом количестве каналов в системе про-

тотип МАС имеет лучшие показатели эффективности.

Таким образом, использование прототипа мультиагентной системы ОППГ позволяет повысить эффективность работы ОППГ либо за счет уменьшения количества каналов обслуживания, либо за счет улучшения показателей, характеризующих работу системы.

Таблица 1

Исходные характеристики существующей системы и прототипа МАС

Наименование заявки	Средний интервал времени поступления, мин.	Среднее время обслуживания, мин.	
		Существующая система	Прототип МАС
Регистрация и определение порядка рассмотрения	19	35	25
Изменение сроков	96	5	3
Снятие с контроля	40	7	5
Контроль хода исполнения	480	60	30
Создание периодической отчетности	9600	120	45
Создание отчетов по запросам	3200	25	15

Таблица 2

Результаты расчетов показателей эффективности системы с различным количеством каналов обслуживания

Количество каналов	Показатель	Модель существующей системы		Модель прототипа МАС	
		аналитическая	имитационная	аналитическая	имитационная
2	Средняя загрузка каналов	-	1	0,77	0,783
	Средняя длина очереди	-	592,286	2,4	1,468
	Среднее число заявок в системе	-	594,859	3,9457	3,034
	Средняя продолжительность пребывания заявки в очереди, мин.	-	6541,809	26,55	16,219
	Средняя продолжительность пребывания заявки в системе, мин.	-	6572,726	42,65	33,519
3	Средняя загрузка каналов	0,738	0,747	0,52	0,527
	Средняя длина очереди	1,464	0,854	0,27	0,104
	Среднее число заявок в системе	3,644	3,095	1,8157	1,684
	Средняя продолжительность пребывания заявки в очереди, мин.	16,2	9,435	2,987	1,146
	Средняя продолжительность пребывания заявки в системе, мин.	41,2	34,194	20,087	18,601
4	Средняя загрузка каналов	0,5425	0,561	-	0,39
	Средняя длина очереди	0,28	0,134	-	0,009
	Среднее число заявок в системе	2,48	2,377	-	1,569
	Средняя продолжительность пребывания заявки в очереди, мин.	3,1	1,48	-	0,099
	Средняя продолжительность пребывания заявки в системе, мин.	28,1	26,25	-	17,333

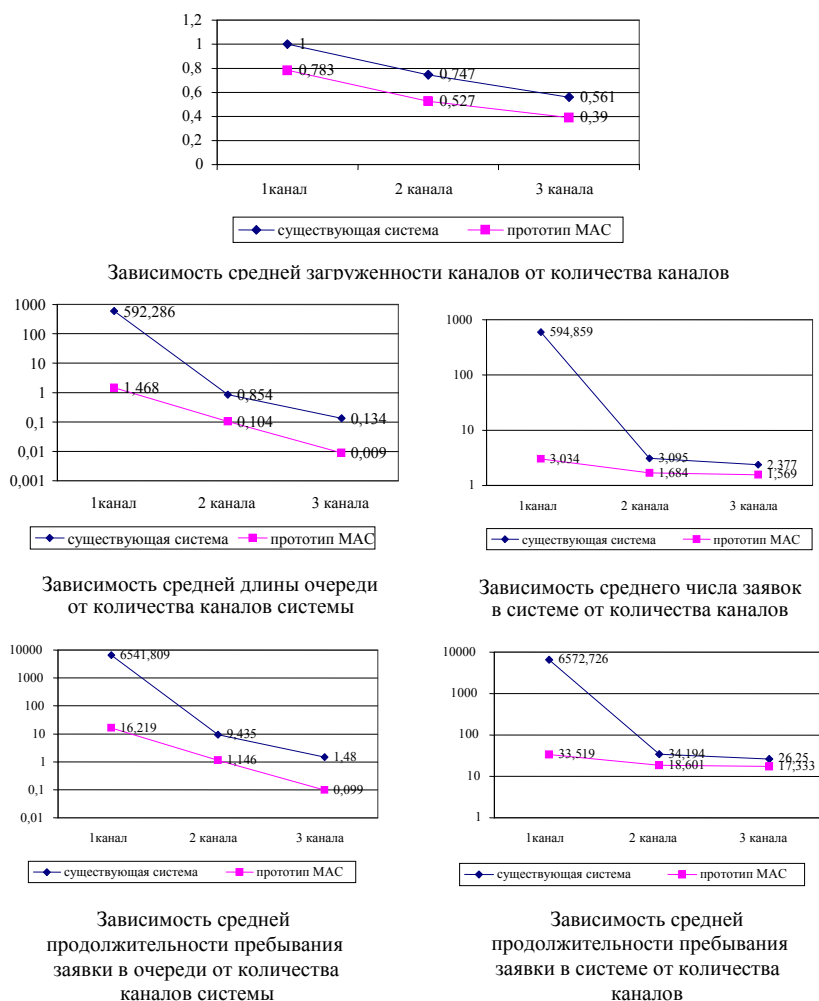


Рисунок. Показатели эффективности для моделей существующей системы и прототипа MAC

Выводы.

Результаты, изложенные авторами в данной работе, доказывают адекватность мультиагентного подхода задачам управления и принятия решений в некоторых организационных системах и экспериментально подтверждают эффективность использования интеллектуальных агентов при обработке обращений граждан, поступающих в органы государственной власти.

Литература

1. Вентцель, Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – М., 1988.
2. Виттих, В. А. Мультиагентные модели взаимодействия для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах / В. А. Виттих, П. О. Скобелев // Автоматика и телемеханика. – 2003. – №1. – С. 177–185.
3. Гнеденко, Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – М., 1987.
4. Кофман, А. Массовое обслуживание, теория и применения / А. Кофман, Р. Крюон. – М., 1965.
5. Нарушев, Е. С. AgSDK: инструмент разработки мультиагентных систем / Е. С. Нарушев, В. Ф. Хорошевский // Труды VII национальной конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2000. Т. 2. – М., 2000. – С. 830–840.
6. Теория активных систем // Труды Международной научно-практической конференции: в 2 т. (19–21 ноября

2001 г., Москва, Россия) / Общ. ред. В. Н. Буркова, Д. А. Новикова. – М., 2001. – Т. 1.

7. Швецов, А. Н. Мультиагентная информационная технология решения задач управления и принятия решений в организационных системах / А. Н. Швецов, С. В. Дианов // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2015. – №2. – С. 49–54.

8. Швецов, А. Н. Методология проектирования интеллектуальных агентно-ориентированных информационных систем / А. Н. Швецов // Труды учебных заведений связи. – СПб, 2003. – №169. – С. 80–86.

9. Швецов, А. Н. Применение агентно-ориентированных технологий в проектировании информационных систем организационного управления / А. Н. Швецов, С. В. Дианов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2003. – №4. – С. 23–25.

10. Швецов, А. Н. Распределенные интеллектуальные информационные системы / А. Н. Швецов, С. А. Яковлев. – СПб., 2003.

11. Яковлев, С. А. О методологии построения распределенных интеллектуальных информационных систем / С. А. Яковлев, А. Н. Швецов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер.: Информатика, управление и компьютерные технологии. – 2002. – №3. – С. 45–48.

12. Dee, C. CABLE: A multi-agent architecture to support military command and control / [C. Dee et al.] // Proceedings of PAAM 2000. – Manchester, UK, 2000. – April. – P. 322–330.

13. Grasshopper, Release 2.2. Basics and Concepts (Revision 1.0), March 2001. – IKV++GmbH.