

ISSN 1609–9672

# ИЗВЕСТИЯ

Гомельского государственного университета  
имени Ф.Скорины

---

№ 5(62)

2010

# ИЗВЕСТИЯ

Гомельского государственного университета  
имени Ф.Скорины

---

Научный и производственно-практический журнал

*Выходит 6 раз в год*

*Издается с октября 1999 г.*

№ 5(62)

2010

Учредитель – Гомельский государственный университет имени Ф.Скорины

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь  
(свидетельство о регистрации № 546 от 6 июля 2009 года)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. В. РОГАЧЕВ (главный редактор)

О. М. ДЕМИДЕНКО (зам. главного редактора)

Л. А. ШЕМЕТКОВ (зам. главного редактора)

Го ВЭНЬБИНЬ, Г. Г. ГОНЧАРЕНКО, А. М. ДВОРНИК, Г. М. ЕВЕЛЬКИН,  
Н. Н. КОЛЕНЧУКОВА (ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ), С. В. ЖАВОРОНОК, В. Г. ЖОГЛО, Ф. В. КАДОЛ,  
В. Н. КАЛМЫКОВ, В. В. КИРИЧЕНКО, Г. Е. КОБРИНСКИЙ, Г. Г. ЛАЗЬКО, А. М. ЛИТВИН,  
А. В. МАКАРЕВИЧ, И. В. МАКСИМЕЙ, Н. В. МАКСИМЕНКО, Г. И. НАРСКИН, О. С. ОСИПОВА,  
А. Н. СЕРДЮКОВ, Н. В. СИЛЬЧЕНКО, Б. В. СОРВИРОВ, А. А. СТАНКЕВИЧ,  
В. М. ХОМИЧ, И. Ф. ШТЕЙНЕР, Я. С. ЯСКЕВИЧ

### *Адрес редакции:*

ул. Советская, 104, к. 2-17, 246019, Гомель  
Тел. 60-27-71, e-mail: [vesti@gsu.by](mailto:vesti@gsu.by)



**К 75-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ  
ЗАСЛУЖЕННОГО ДЕЯТЕЛЯ  
НАУКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
И.В. МАКСИМЕЯ**

5 октября 2010 года исполнилось 75 лет известному учёному в области прикладной математики, программирования и имитационного моделирования сложных систем Заслуженному деятелю науки Республики Беларусь, доктору технических наук, профессору Ивану Васильевичу Максиму.

Он родился в Львовской области. Отец его был портным, а мать домохозяйкой. В возрасте 24 лет Иван Васильевич поступил в Московский инженерно-физический институт (МИФИ) и в 1964 году с отличием закончил его по специальности «Вычислительные машины».

Свой научный путь Иван Васильевич начинает в Вычислительном центре Сибирского отделения АН СССР (Академгородок, г. Новосибирск), где в 1973 году под руководством доктора физико-математических наук, профессора М.И. Нечепуренко успешно защищает кандидатскую диссертацию на тему «Параметризация, измерение и построение моделей информационных потоков в вычислительных системах».

В последующие годы прикладные исследования по компьютерметрике и имитационному моделированию сложных систем, которые Иван Васильевич развернул на кафедре математических проблем управления в Гомельском государственном университете им. Ф. Скорины, позволили ему сформировать творческий коллектив молодых учёных. В 1989 году в МИФИ он защитил докторскую диссертацию под руководством профессора И.О. Атовмяна на тему «Методы и средства исследования и организации вычислительного процесса на вычислительном центре коллективного пользования».

Основным направлением деятельности Ивана Васильевича на протяжении многих лет является создание и использование средств автоматизации исследования сложных систем. Будучи опытным специалистом в области прикладной математики, он применил имитационное моделирование в различных проблемных областях, что обеспечило решение ряда практических задач и способствовало развитию теории и средств имитационного моделирования.

Результаты его научных исследований получили широкое признание, они опубликованы в многочисленных научных изданиях Беларуси, Украины и России.

Иван Васильевич Максимей – автор более 288 научных работ, в том числе 8 монографий и 7 учебных пособий. Он является дважды лауреатом Скорининских научных чтений и почётным профессором ГГУ им. Ф. Скорины.

На протяжении многих лет профессор И.В. Максимей – бессменный председатель специализированного Совета К 02.12.01 по защите кандидатских диссертаций (специальности 05.13.13 «Телекоммуникационные системы и компьютерные сети» и 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»). На заседаниях этого совета по указанным специальностям успешно защищено 35 диссертаций. Под его непосредственным руководством подготовлено 28 кандидатских и 3 докторские диссертации.

Научное сообщество Республики Беларусь по достоинству оценило заслуги профессора И.В. Максимея. За подготовку кадров высшей квалификации он награжден Почетной грамотой ВАК Республики Беларусь.

В 2009 году профессору И.В. Максимею за многолетнюю плодотворную научно-педагогическую деятельность было присвоено звание Заслуженного деятеля науки Республики Беларусь.

Неутомимый труженик, исследователь, талантливый организатор научной работы, требовательный, одновременно чуткий и отзывчивый человек, он пользуется заслуженным авторитетом и уважением среди белорусских и зарубежных учёных, друзей и учеников.

Его знают, ценят и любят как великого оптимиста, активного, энергичного и доброжелательного человека.

***Уважаемый Иван Васильевич!***

***Коллектив Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины, Ваши ученики и коллеги от всей души желают Вам крепкого здоровья, неисчерпаемого запаса жизненных сил, благополучия и долгих лет жизни!***

УДК 517.977

## Система автоматизации имитационного моделирования UNIVERSAL

И. В. МАКСИМЕЙ, О. В. БЫЧЕНКО, Д. О. БЫЧЕНКО, Н. А. ГРОЗДИЦКИЙ,  
Д. Н. ЕЗЕРСКИЙ, О. Н. МЕДВЕДЕВА

**Введение.** Обзор способов и средств имитации сложных систем на ЭВМ второго поколения приведен в монографии [1]. Недостатки использования классических способов имитации дискретных сложных систем (ДСС) и систем автоматизации моделирования (САМ) ДСС определили актуальность развития комбинации транзактно-процессного способа имитации и программно-технологических комплексов имитации (ПТКИ), реализующих этот способ имитации ДСС. Обзор возможностей сочетания транзактов сложной структуры процессами, являющимися обслуживающими устройствами (ОУ) в терминах систем массового обслуживания (СМО) и ПТКИ, автоматизирующих разработку, испытание и эксплуатацию ИМ ДСС приведен в монографии [2]. Опыт разработки и апробации ПТКИ определил актуальность развития комбинации агрегатно-процессного способа имитации вероятностных технологических процессов (ВТП) на основе формализации с помощью аппарата сетевого планирования [3]. Для автоматизации построения и эксплуатации ИМ ДСС, построенных на этом способе имитации, была разработана система САИМ [3]. Круг типов ДСС расширился и опыт разработки ПТКИ ПТКИ и САИМ определил новое направление имитации ДСС, возможности которого излагаются в данной статье. Наконец, существенным достоинством САМ UNIVERSAL является органическое объединение способов формализации разных частей ИМ ДСС с процедурой Монте-Карло метода статистических испытаний. Перечисленные ниже достоинства САМ UNIVERSAL, по нашему мнению, обеспечит перспективу развития использования и дальнейшее развитие ее возможностей на основе результатов ее апробации.

**1 Состав и структура САМ.** Для реализации нового способа имитации СС реализуется САМ UNIVERSAL (см. Рис. 1) состоящая из следующих компонентов:

- множества библиотек программ статических элементов 6 типов (LIB.СТЭЛ<sub>j</sub> 1 типа ÷ LIB.СТЭЛ<sub>j</sub> 6 типа);
- множества библиотек программ динамических элементов (LIB.ДЭЛ<sub>ij</sub> 1 типа ÷ LIB.ДЭЛ<sub>ij</sub> 6 типа);
- блока формирования структуры ИМ СС;
- блока задания начальных условий (БНУ) в базах данных ОБД<sub>1</sub> и ОБД<sub>2</sub>;
- оперативный блок создания программы множеств {СТЭЛ<sub>j</sub>} (БЛОПСТЭЛ);
- блока окончания имитации (БОКИ);
- подпрограмм вторичной обработки статистики имитации (ПП ВТОР. ОБРАБ СТАТИМ);
- блок сбора статистик (БССТ<sub>1</sub>), формируемой самими СТЭЛ<sub>j</sub> и ДЭЛ<sub>ij</sub> в каждой реализации процедур Монте-Карло;
- поле сбора статистики имитации (ПСТАТ);
- общей базы данных (ОБД<sub>1</sub>), в которой хранятся информационные части СТЭЛ<sub>j</sub> (для каждого типа СТЭЛ<sub>j</sub> выделяется своя область 1-6);
- общей базы данных (ОБД<sub>2</sub>), в которой хранятся информационные части ДЭЛ<sub>ij</sub> (для каждого типа ДЭЛ<sub>ij</sub> выделяется своя область 1÷6);
- управляющей программы моделирования (УПМ).

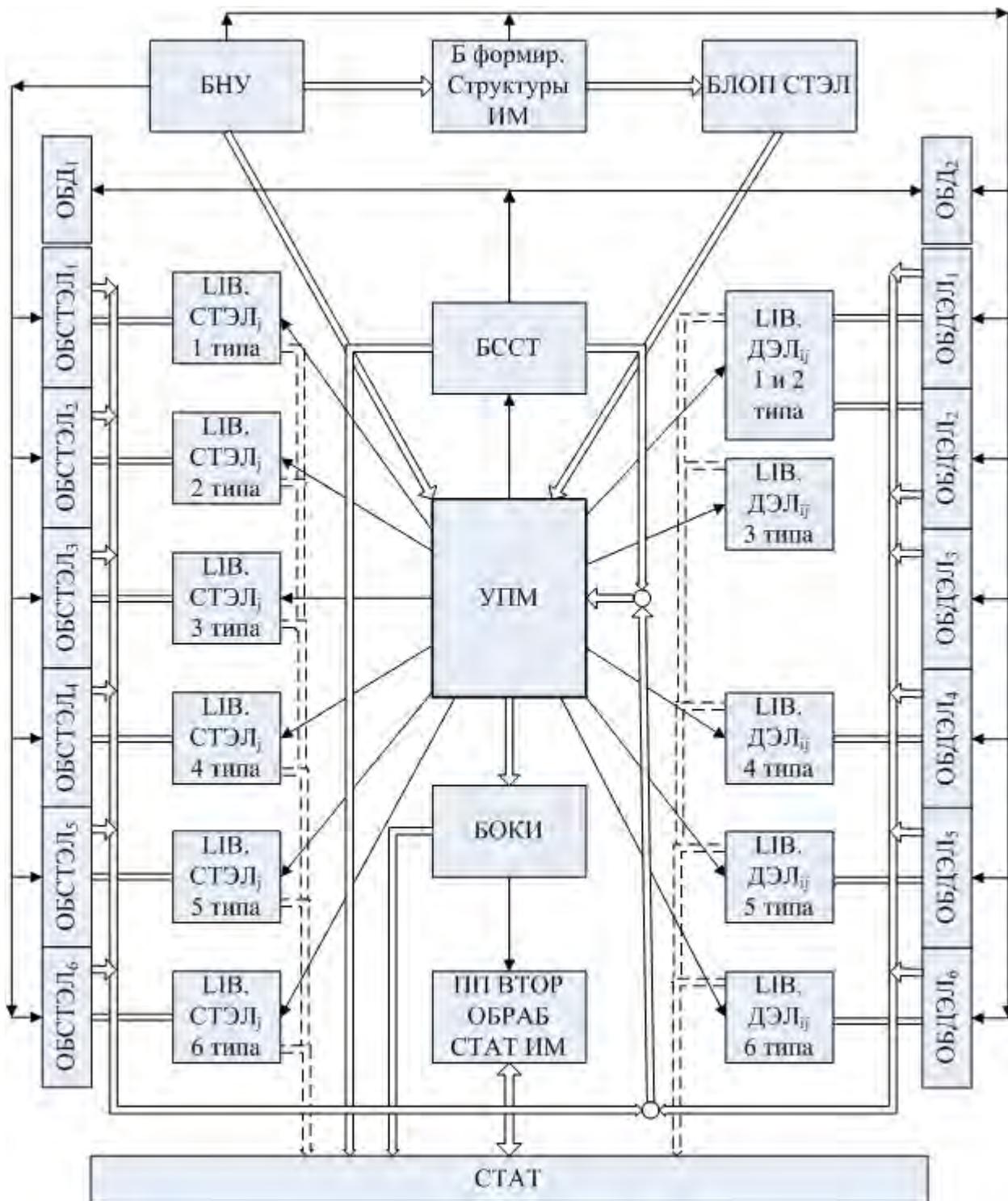


Рисунок 1 – Структура CAM UNIVERSAL

Каждая библиотека программы СТЭЛ<sub>j</sub> любого типа разработана по одной технологии, используя принцип реентерабельности выполнения программы и ее информационной части в соответствующей области ОБД<sub>1</sub>. Одна программа СТЭЛ<sub>j</sub> любого типа может использовать одновременно в модельном времени столько информационных частей, сколько имеется в ИМ СС копий СТЭЛ<sub>j</sub> данного типа. В любой момент времени модельного времени  $t_0$  выполняется на процессоре ЭВМ только одна активность АКТ<sub>kj</sub> (здесь  $k$  – номера активности в программе СТЭЛ<sub>j</sub>). Эти активности квазипараллельно обслуживаются УПМ в порядке их приоритета. Выбрав  $k$ -й номер АКТ<sub>kj</sub>, УПМ активизирует алгоритм этой активности, имитируя выполнение алгоритма той компоненты СС, которой соответствует СТЭЛ<sub>j</sub>. Алгоритм АКТ<sub>kj</sub> в соответствии и его способом формализации компонент СС меняет переменные, расходует

ресурсы ИМ СС, формирует статистику использования ресурсов, статистику использования СТЭЛ<sub>j</sub> в ОБД<sub>1</sub> и статистику обслуживания ДЭЛ<sub>ij</sub> в ОБД<sub>2</sub>. В конце концов по завершении АКТ<sub>kj</sub> управление возвращается на УПМ. Далее согласно своему алгоритму все обслуживания СТЭЛ<sub>j</sub> и ДЭЛ<sub>ij</sub> и в соответствии с приоритетами  $\pi_{2j}$  динамических и статических элементов УПМ активизирует другую активность СТЭЛ<sub>j</sub> или ДЭЛ<sub>ij</sub> (иногда даже той же самой программы, если число копий СТЭЛ<sub>j</sub> и ДЭЛ<sub>ij</sub> в ОБД<sub>1</sub> и ОБД<sub>2</sub> большое). Связь СТЭЛ<sub>j</sub> с другими СТЭЛ<sub>j</sub> осуществляет только через УПМ. Для каждого типа СТЭЛ<sub>j</sub> имеется свое подмножество ДЭЛ<sub>ij</sub> соответствующего типа.

Очевидно, что в ОБД<sub>2</sub> имеется своя область для каждого типа ДЭЛ<sub>ij</sub>. Таким образом за счет реентерабельности ДЭЛ<sub>ij</sub> одна и та же программа ДЭЛ<sub>ij</sub> из соответствующей библиотеки может обслуживать множество копий информационных частей. При этом одновременно в каждой из областей ОБД<sub>2</sub> может использоваться часть программы ДЭЛ<sub>ij</sub>, формироваться статистика использования копий ДЭЛ<sub>ij</sub>, накапливаются и изменяются локальные переменные ДЭЛ<sub>ij</sub>. Как видим, одна программа каждого типа СТЭЛ<sub>j</sub> обслуживает множества активностей АКТ<sub>ki</sub> и одна программа каждого типа ДЭЛ<sub>ij</sub> также обслуживает соответствующие ей множество информационных частей транзактов. Принцип реентерабельности СТЭЛ<sub>j</sub> и ДЭЛ<sub>ij</sub> существенно сокращает размеры ИМ СС и, кроме того, позволяет их разработать навсегда на языке программирования СИ разработчиками САМ UNIVERSAL, являющимися специалистами по системному программированию и прикладной математике. Поэтому после отладки программ СТЭЛ<sub>j</sub> и ДЭЛ<sub>ij</sub> они каталогизируются в соответствующие библиотеки (См. на Рис. 1 LIV СТЭЛ<sub>j</sub> типа 1÷6 и LIV ДЭЛ<sub>ij</sub> типа 1÷6).

Блок формирования структуры ИМ СС по исходной информации о составе и структуре компонентов ИМ СС, используя таблицы коммутации СТЭЛ<sub>j</sub> друг с другом, формирует структуру баз данных ОБД<sub>1</sub> и ОБД<sub>2</sub>. Кроме того, по таблице исходного состава ресурсов в варианте ИМ СС, таблица коммутации составляет блок операционных программ (БЛОП) множества {СТЭЛ<sub>j</sub>}, который входит в ИМ по одной программе для каждого типа СТЭЛ<sub>j</sub>.

Блок БНУ обеспечивает заполнение в ОБД<sub>1</sub> таблиц заказов ресурсов ИМ СС исходной информацией, указывая при этом необходимо число детерминированных ресурсов ( $n_1-n_6$ ) и запись функций распределения вероятностей расхода ресурсов ( $F_{1j}(\tau) \div F_{4kj}(ko)$ ) для каждого СТЭЛ<sub>j</sub>. Другой функцией БНУ является задание начальной структуры информационной части ДЭЛ<sub>ij</sub> в ОБД<sub>2</sub>.

Блок окончания имитации инициируется УПМ при выполнении условий завершения варианта имитации СС и выполняет функции деформирования статистики имитации из буферных зон статистики использования {СТЭЛ<sub>j</sub>} в ОБД<sub>1</sub> и статистики использования {ДЭЛ<sub>ij</sub>} в ОБД<sub>2</sub>. Кроме того, стандартная статистика имитации, формируемая блоком БССТ<sub>2</sub>, записывается после статистик также блоком имитации (БОКИ).

Состав стандартной статистики фиксирован и блок сбора статистика БССТ, взаимодействуя конкретно с УПМ, формирует обычный набор статистик использования {СТЭЛ<sub>j</sub>} {ДЭЛ<sub>ij</sub>} за время имитации одной реализации процедуры Монте-карло, записывая ее в поле статистики (ПСТАТ).

УПМ является координатором взаимодействий {СТЭЛ<sub>j</sub>} друг с другом и использования ими {ДЭЛ<sub>ij</sub>}. Каждые ДЭЛ<sub>ij</sub> и СТЭЛ<sub>j</sub> взаимодействуют с УПМ с помощью своего набора операторов моделирования. Каждая активность АКТ<sub>kj</sub> СТЭЛ<sub>j</sub> завершается каким-либо оператором взаимодействия с УПМ. Из-за необходимости обеспечить одновременно квазипараллелизм обслуживания УПМ этих операторов и использования принципа реентерабельности программ СТЭЛ<sub>j</sub> и программ ДЭЛ<sub>ij</sub> в каждом операторе указывается следующая информация: номера  $j$  для СТЭЛ<sub>j</sub> или  $ij$  для ДЭЛ<sub>ij</sub>, номера ( $k$ ) активностей АКТ<sub>kj</sub> адреса  $\beta_i$  информационной части СТЭЛ<sub>j</sub> в ОБД<sub>1</sub>, адреса  $\alpha_i$  информационной части ДЭЛ<sub>ij</sub> в ОБД<sub>2</sub>, адрес возврата  $A$  на программу СТЭЛ<sub>j</sub>, адрес  $A_1$  на ту часть УПМ, которая обслуживает данную активность или программу ДЭЛ<sub>ij</sub>, заказы которых необходимо выполнить. Наконец, в операторах обращения указывается: время имитации АКТ<sub>kj</sub> ( $\tau_{kj}$ ) или время имитации выполнения ДЭЛ<sub>ij</sub> ( $\tau_{ij}$ ), адрес условия выполнения для завершения оператора ( $AУ_k$ ), где  $k$ —номер процедуры пользователя в поле заказа на имитации, хранящемся в ОБД<sub>1</sub>. Столь сложный алгоритм

обращения  $АКТ_{kj}$  и  $ДЭЛ_{ij}$  к УПМ необходим для обеспечения квазипараллелизма по событийному способу имитации и для организации реентерабельности программ каждого типа  $СТЭЛ_j$  и  $ДЭЛ_{ij}$ .

**Заключение.** Реализуемая SAM UNIVERSAL существенно расширяет возможности имитации ДСС за счет совмещения в «теле» одной программы ИМ ДСС нескольких способов формализации ее компонентов. Возможно сочетание двух подмоделей, основанных на разных принципах имитации: агрегатно-процессного способа имитации; транзактно-процессного способа имитации. Кроме того, использования принципа реентерабельности программ  $СТЭЛ_j$  и программ  $ДЭЛ_{ij}$ , позволяет существенно сократить объем оперативной памяти ЭВМ, занимаемой множеством элементов ИМ ДСС. Тот факт, что увеличивается само время имитации на ЭВМ не имеет существенного значения из-за возросшей производительности современных компьютеров. С нашей точки зрения, это допустимая плата расхода дополнительных ресурсов ЭВМ за существенное сокращение размеров программ.

Весьма важное достоинство данной SAM состоит в том, что программы  $СТЭЛ_j$  и программа  $ДЭЛ_j$  разработаны на языке навсегда специалистом по системному программированию и имитации и поэтому необходимо исследователю согласно инструкции составить граф GR ДСС, заменив при этом узлы на соответствующие типы  $СТЭЛ_j$  и выбрав типы  $ДЭЛ_{ij}$  для каждой ветви этого графа. В таблице заказа расхода ресурсов каждым  $СТЭЛ_j$  указывается требуемое количество детерминированных ресурсов ( $n_1 - n_6$ ) и функций распределения вероятностей значений расхода вероятностных ресурсов ( $F_{ij}(\tau) \div F_{4kj}(k_0)$ ). Никакого программирования специалистам предметной области не требуется. Необходимо только правильно указать таблицу коммутации  $СТЭЛ_j$  и  $ДЭЛ_{ij}$  и задать начальное значение 10 типов ресурсов ИМ ДСС.

**Резюме.** Рассматриваются особенности построения системы автоматизации моделирования для дискретных сложных систем. На этапе создания имитационных моделей предложено развивать использование комбинации агрегатно-процессного способа имитации вероятностных технологических процессов на основе формализации объектов исследования с помощью аппарата сетевого планирования.

**Abstract.** Features of modeling automation system construction for discrete complex systems are considered. At the stage of imitating model creation it is offered to develop the use of a combination of an aggregate-process way of likelihood technological process imitation on the basis of research object formalization by means of the network planning device.

### Литература

1 Максимей, И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И.В. Максимей. – Москва: М. – Радио и связь, 1988. – 232с.

2 Левчук, В.Д., Максимей, И.В. Программно-технологические комплексы имитации сложных дискретных систем / В.Д. Левчук, И.В. Максимей. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2006. – 263с.

3 Смородин, В.С., Максимей, И.В. Методы и средства имитационного моделирования технологических процессов производства / В.С. Смородин, И.В. Максимей; М-во образования РБ – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2007. – 369с.

УДК 007.003; 007.008; 65.0; 681.3

## Контроль имитации управляемых технологических процессов с вероятностными характеристиками функционирования

В. С. СМОРОДИН, А. В. КЛИМЕНКО, В. А. КОРОТКЕВИЧ, Л. И. КОРОТКЕВИЧ

### Введение

Существующие подходы к моделированию технологических процессов с вероятностными характеристиками их функционирования базируются, как правило, на статических математических моделях. Однако наличие ненадежного оборудования и возникающие в процессе функционирования технологического цикла сбои и отказы оборудования могут привести к изменению структуры исходной математической модели объекта исследования. Поэтому использование такого подхода может приводить к значительным погрешностям при решении типовых задач анализа функционирования подобных объектов на стадии их проектирования, а также при анализе функционирования реально существующих технологических систем.

Решение данной задачи может иметь большое значение для совершенствования системы управления технологическими процессами в целом и улучшения качества управления производственно-технологическими комплексами при наличии потенциальной техногенной опасности, что обеспечивает повышение уровня надежности технологических объектов и безопасности их функционирования.

Таким образом, разработка метода построения математических моделей производственных систем в условиях потенциальной опасности с учетом параметров надежности задействованного оборудования, а также метода реструктуризации математической модели объекта исследования, в совокупности с методом их компьютерной реализации позволит повысить качество проектирования надежных и безопасных технологических систем.

### 1 Использование аппарата вероятностных сетевых графиков для имитации управляемых технологических процессов

В основу формализации управляемого технологического процесса положено использование аппарата их описания с помощью вероятностных сетевых графиков (ВСГР). Сочетание процедуры Монте-Карло и агрегатной системы моделирования [2] с аппаратом описания технологического процесса с вероятностными характеристиками посредством ВСГР дает возможность  $l$ -ю реализацию имитационной модели (ИМ) технологического процесса с вероятностными характеристиками представить в виде детерминированного сетевого графика ( $СГР_l$ ). Каждый  $СГР_l$  представляется состоящим из множества микротехнологических операций, имитируемых соответствующими агрегатами-имитаторами работы  $\{AMTXO_{ij}\}$ , которые соединяются друг с другом с помощью агрегатов-имитаторов событий ( $ASOB_i$  и  $ASOB_j$ ).

Каждый из этих агрегатов представляет собой реентерабельную программу подмодели агрегата, которая в базе данных имитационной модели технологического процесса с вероятностными характеристиками для каждого компонента ВСГР имеет свой набор переменных моделирования и статистик имитации, соответствующий номеру этого компонента.

Агрегат  $AMTXO_{ij}$  представляет собой четырехполюсник, имитирующий выполнение  $MTXO_{ij}$  в ВСГР и имеет два типа входов и выходов. Первый тип входов и выходов  $AMTXO_{ij}$

используется в режиме прямой имитации  $СГР_l$ , а второй тип используется в режиме инверсной имитации. При имитации выполнения  $MTXO_{ij}$  в режиме прямой имитации агрегат  $AMTXO_{ij}$  в каждой  $l$ -ой реализации ВСГР по соответствующим функциям распределения формирует фактические значения параметров  $\tau_{ijl}$ ,  $c_{ijl}$ ,  $V_{rijl}$ ,  $mt_{ijl}$ , а по спискам запросов определяет индивидуальные запросы  $MTXO_{ij}$  на ресурсы и оборудование в виде индивидуальных списков:  $SPINRS_{ijl}$ ,  $SPOBR_{ijl}$ ,  $SPISP_{ijl}$ ,  $SPKOM_{ijl}$ . Эти ресурсы предприятия выделяются  $AMTXO_{ij}$  на время имитации выполнения  $MTXO_{ij}$ . Если при выполнении  $AMTXO_{ij}$  на агрегатах оборудования возникают опасные отказы, то время выполнения операции на оборудовании увеличивается на величину  $\tau_{\text{оock}}$ . При этом проводится анализ последствий этого опасного отказа оборудования путем розыгрыша жребия «Произошла авария», который с вероятностью  $P_{\text{ав}}$  позволяет идентифицировать наличие аварии при выполнении агрегата  $AOBIN_r$ . При «простой» аварии (не требующей изменения технологического цикла производства) время выполнения операции на оборудовании увеличивается на величину  $\tau_{\text{аврl}}$ , разыгрываемую по функции распределения  $\Phi_3(\tau_{\text{ав}})$ . Если возникшая авария не «простая», то для ее ликвидации требуется «штатная» последовательность процедур ликвидации, имитируемых агрегатами  $\{APROC_k\}$ . Каждый из этих агрегатов обладает своим оборудованием, составом исполнителей, действует по утвержденному алгоритму ликвидации последствий аварийной ситуации, длительность реализации которого  $\tau_{\text{пакл}}$  также может быть случайной величиной и поэтому формируется по известной до имитации функции распределения  $\Phi_4(\tau_{\text{пр}})$ . В этой последовательности процедур порядок их следования фиксированный, поэтому при имитации ликвидации аварии каждая  $k$ -я процедура знает номер  $(k+1)$ -й процедуры  $PROC_{k+1}$ . Исходя из этого, процесс ликвидации аварии реализуется последовательностью агрегатов  $\{APROC_k\}$ , выполнение которых имеет различную длительность  $\{\tau_{\text{nrkl}}\}$ .

По окончании этой последовательности выполнение операции на отказавшем оборудовании продолжается с прерванного места. При этом формируется признак  $(\pi_{\text{ак}} = 1)$  «была авария», а время выполнения операции на оборудовании увеличивается на величину, равную сумме времен выполнения каждой процедуры  $PROC_k$  ( $\sum \tau_{\text{prkl}}$ ). По завершении имитации  $AMTXO_{ij}$  формирует сигнал, поступающий на  $r$ -й вход агрегата  $ASOB_j$ . При этом передается признак  $\pi_{\text{ак}} = 1$  «была авария» на оборудовании  $r$  при выполнении  $MTXO_{ij}$ . Сам же агрегат  $AMTXO_{ij}$  переходит в режим ожидания инверсного сигнала от  $ASOB_j$ , с приходом которого  $AMTXO_{ij}$  в инверсном режиме имитирует выполнение  $MTXO_{ij}$  длительностью  $\tau_{\text{бьмijl}}$ , хранимой в базе данных имитационной модели технологического процесса с вероятностными характеристиками до прихода инверсного сигнала. По окончании инверсной имитации на выходе  $AMTXO_{ij}$  появляется сигнал, который поступает на выход  $ASOB_i$ . Далее агрегат  $AMTXO_{ij}$  ожидает прихода сигнала в режиме прямой имитации, но уже в следующей  $(l+1)$ -й реализации ВСГР.

Агрегаты  $ASOB_i$  являются многополюсниками с различным числом входов и выходов. Выходы у  $ASOB_i$  бывают одиночными и «кустовыми». Из «кустовых» выходов агрегата формируются сигналы двух типов: один действительный  $Sgd$ , разыгрываемый по вектору вероятностей  $\{P_{ijkl}\}$  и  $(k-1)$  фиктивных сигналов  $Sgf$ . Выходы  $ASOB_i$  нумеруются, поэтому при адресации сигнала указывается номер события  $j$  и номер входа  $r$  в  $ASOB_j$ . Только действительные сигналы  $Sgd$ , поступающие в режиме прямой имитации на вход  $AMTXO_{ij}$  ини-

цируют его работу по вышеизложенному алгоритму. Фиктивные сигналы  $Sgf$  обходят алгоритм выполнения  $AMTXO_{ij}$  и поступают на вход  $ASOB_j$ , минуя  $AMTXO_{ij}$ .

В имитационной модели управляемого технологического процесса с вероятностными характеристиками используется еще один тип выходных сигналов у  $ASOB_j$ , называемыми «резервными» выходами. «Резервные» выходы у  $ASOB_j$  также являются кустовыми. С их помощью в имитационной модели технологического процесса с вероятностными характеристиками реализуется так называемое «технологическое резервирование». Наличие в технологическом процессе отказов оборудования при выполнении  $AMTXO_{ij}$  ставит исследователя перед необходимостью использования на выходах  $ASOB_j$  нескольких «резервных»  $AMTXO_{ij}$ , которые активизируются только при появлении аварий во время имитации выполнения  $MTXO_{ij}$  на агрегате  $AOBIN_r$  для обеспечения надежности функционирования производственной системы. Если аварии не происходит, то активизируются «штатные»  $AMTXO_{ij}$ . При этом переключение ветвей  $AMTXO_{ij}$  должно быть оперативным и зависеть от наличия отказов оборудования, используемого в  $AMTXO_{ij}$ , являющихся входными для  $ASOB_j$ . Эту роль играют агрегаты  $ASOB_j$  с помощью формирования комбинации фиктивных и действительных сигналов на «кустовых» выходах третьего типа. Механизм формирования действительных сигналов у «кустовых» выходов третьего типа основан на использовании булевой матрицы  $\|\gamma_{nr}\|$ . Наличие единицы на пересечении  $n$ -й строки с  $r$ -м столбцом в этой матрице означает необходимость включения резервных  $AMTXO_{ij}$  с признаком  $\pi_{ak}=1$ , свидетельствующим о ранее произошедшей аварии. Это означает, что на  $n$ -м разветвлении  $k$ -го кустового выхода третьего типа формируется  $Sgd$  только в том случае, если станет истинной булева функция  $z=(\gamma_{rh} \wedge \pi_{ar})$ , где  $r$ -номера входов  $ASOB_j$ . С помощью этого механизма кустовые выходы третьего типа становятся динамическими регуляторами подключения резервных  $AMTXO_{jh}$ , если на входы  $ASOB_j$  поступают сигналы с  $AMTXO_{ij}$ , во время выполнения которых на оборудовании, находящимся в их распоряжении, происходили аварии. Подобным образом с помощью комбинаций различных типов кустовых выходов и задания числа их разветвлений каждого кустового выхода эксперту предоставляется возможность динамического регулирования выполнением множества  $\{AMTXO_{ij}\}$  в зависимости от операционной обстановки внутри управляемого технологического процесса.

Таким образом, многополюсник  $ASOB_j$  в режиме прямой имитации ожидает прихода на его входы последнего сигнала с  $AMTXO_{ij}$ . В этой ситуации срабатывает «спусковая функция» агрегата, фиксируется ранний срок свершения события  $t_{pjl}$  и формируется серия выходных сигналов со всех трех типов выходов. Эти сигналы выходов  $ASOB_j$  поступают на входы  $AMTXO_{jh}$  согласно таблице коммутаций агрегатов, которая задается экспертом до начала имитации ВСГР. После рассылки всех действительных и фиктивных выходных сигналов агрегат ожидает прихода сигналов от  $AMTXO_{jh}$  в режиме инверсной имитации ВСГР. С приходом самого первого сигнала в режиме инверсной имитации на выход  $ASOB_j$  формируется поздний срок свершения события  $t_{njl}$  и определяется резерв свершения события ( $R_{jl} = t_{njl} - t_{pjl}$ ). Далее агрегат  $ASOB_j$  ожидает появления сигнала на его входах в режиме прямой имитации, но уже при следующей  $(l+1)$ -й реализации ВСГР согласно процедуре Монте-Карло.

Имитация функций оборудования, на котором реализуются все  $MTXO_{ij}$ , осуществляется тремя типами имитаторов оборудования. Каждой  $MTXO_{ij}$  доступны к использованию два типа оборудования: индивидуальное использование  $r_l$  номера, имитируемое агрегатами

$AOBIN_{r_1}$ , и оборудование общего пользования номера  $r_2$ , на котором  $MTXO_{ij}$  использует некоторый объем ресурса  $V_{rij}$  только на время выполнения  $MTXO_{ij}$ . После выполнения  $MTXO_{ij}$  этот объем возвращается агрегату общего пользования  $AOBOP_{r_2}$ . Поскольку общим оборудованием могут пользоваться несколько  $AMTXO_{ij}$ , то синхронизация их доступа реализуется следующим образом: оборудование общего пользования имитируется одним агрегатом  $AOBOP_{r_2}$  и множеством агрегатов имитаторов каналов общего пользования  $AKAN_{r_3}$ . Агрегат  $AOBOP_{r_2}$  функционирует непрерывно (последовательно переходит с самого начала и до окончания  $l$ -й реализации ВСГР из состояния  $S_{0r_2}$  в состояние  $S_{1r_2}$  и затем снова из  $S_{1r_2}$  в  $S_{0r_2}$ ) в течение реализаций имитационной модели технологического процесса с вероятностными характеристиками. Длительности нахождения оборудования в этих состояниях определяются при их смене по соответствующим функциям распределения:  $k$ -й интервал безотказного функционирования  $\tau_{BOkl}$  находится по функции распределения  $\Phi_{1r_2}(\tau_{BO})$  и определяет длительность нахождения в состоянии  $S_{0r_2}$ ;  $k$ -й интервал восстановления работоспособности оборудования  $\tau_{BOkl}$ , который также находится по функции распределения  $\Phi_{2r_2}(\tau_{BO})$ , соответствует нахождению устройства в состоянии  $S_{1r_2}$ . Таким образом,  $AOBOP_{r_2}$  непрерывно из состояния  $S_{0r_2}$  через интервал времени  $\tau_{BOkl}$  переходит в состояние  $S_{0r_1}$ , в котором находится длительностью  $\tau_{BOkl}$ . Это чередование состояний агрегата продолжается до окончания  $l$ -й реализации имитационной модели технологического процесса с вероятностными характеристиками, и далее весь процесс имитации  $AOBOP_{r_2}$  продолжается аналогичным образом, но уже в  $(l+1)$ -й реализации ВСГР. Поскольку  $AMTXO_{ij}$  и  $AOBOP_{r_2}$  функционируют независимо, каждый согласно своим алгоритмам, то для избежания такой ситуации, когда использование агрегатом  $AMTXO_{ij}$  агрегата  $AOBOP_{r_2}$  приходится на состояние  $S_{1r_2}$ , введено использование агрегата  $AKAN_{r_3}$ , имитирующего собственно использование общего ресурса объема  $V_{rijl}$  устройством общего пользования  $r_2$ . Количество таких  $AKAN_{r_3}$  будет определяться числом использований  $AOBOP_{r_2}$  агрегатами  $AMTXO_{ij}$ .

Агрегат  $AOBIN_{r_1}$  функционирует в старт-стопном режиме согласно следующему алгоритму. В момент запуска агрегата на выполнения длительностью  $\tau_{ВЫПР1kl}$  по функции распределения  $\Phi_{3r_1}(\tau_{BO})$  определяется длительность  $\tau_{BOr1kl}$  нахождения агрегата в состоянии  $S_{1r_2}$ . Случай, когда  $\tau_{BOr1kl} \geq \tau_{ВЫПР1kl}$  означает, что во время имитации  $AOBIN_{r_1}$  не будет отказа функционирования оборудования. Если же данное неравенство не выполняется, то это означает возникновение отказа оборудования. При этом определяются последствия отказа: простой отказ (состояние  $S_{1r_1}$ ), возникновение простой аварии (состояние  $S_{2r_1}$ ) или появление сложной аварии (состояние  $S_{3r_1}$ ). Длительность нахождения агрегата в состоянии  $S_{1r_1}$  по функции распределения  $\Phi_{4r_1}(\tau_{BO})$  определяется равной  $\tau_{BOr1kl}$ . Время выполнения  $AMTXO_{ij}$  на  $AOBIN_{r_1}$  равно сумме интервалов восстановления и двойному интервалу использования  $AOBIN_{r_1}$ . В состоянии  $S_{2r_1}$  по функции  $\Phi_{5r_1}(\tau_{AB})$  определяется интервал ликвидации простой аварии равным  $\tau_{ABr1kl}$ . В этом случае определяется время выполнения  $MTXO_{ij}$  на  $AOBIN_{r_1}$  равное сумме интервалов ликвидации аварии и двойного интервала использования  $AOBIN_{r_1}$ .

В состоянии  $S_{3r_1}$  для ликвидации сложной аварии  $AOBIN_{r_1}$  инициирует выполнение первого агрегата ликвидации аварии из последовательности  $\{APROC_k\}$ , которые реализуются на временном интервале длительностью  $\sum_k \tau_{APRk}$ . В этом случае общее время выполнения  $MTXO_{ij}$  на  $AOBIN_{r_1}$  равно суммарному времени выполнения последовательности  $\{APROC_k\}$  и двойного интервала использования  $AOBIN_{r_1}$ .

Во время выполнения  $MTXO_{ij}$  на  $AOBIN_{r1}$  при наличии состояний  $S_{2r1}$  и  $S_{3r1}$  в момент окончания выполнения операции на оборудовании и возврата на  $AMTXO_{ij}$  формируется признак  $\pi_{ar1} = 1$ , означающий факт аварии на  $AOBIN_{r1}$  при выполнении  $MTXO_{ij}$ . По множеству  $\{\pi_{ar1}\}$  этих признаков  $ASOB_j$  организует технологическое резервирование по изложенной выше методике. Кроме технологического резервирования в имитационной модели предусмотрено автоматическое индивидуальное резервирование оборудования индивидуального и общего пользования. В основе этого перехода лежит оценка близости фактической наработки оборудования  $r$ -го устройства критическому значению. Предусматривается для каждого устройства  $r$  порог  $Q_{01r}$  этой наработки. Фактическое значение наработки  $r$ -го устройства  $Q_{\phi r}$  накапливается в индикаторе наработки оборудования ( $ind_r = Q_{\phi r}$ ). Множество этих индикаторов доступно для чтения системой  $SPRESH$  для обеспечения оперативного контроля управления процессом имитации технологического процесса с вероятностными характеристиками функционирования. До порога наработки  $Q_{\phi r} < Q_{01r}$  устройство оборудования функционирует в обычном режиме. Фактическая наработка непрерывно увеличивается на постоянную величину при каждом использовании  $r$  – го устройства.

Отметим, что значения порогов наработки ( $Q_{01r}$ ) и приращения наработки ( $\Delta Q_r$ ) задаются до начала имитационного эксперимента в качестве начальных значений при  $l$ -й реализации ВСГР. Как только выполняется неравенство  $Q_{\phi r} \geq Q_{01r}$ , срабатывает переход  $r$ -го устройства на «индивидуальный резерв». Этот переход является инициатором двух действий имитационной модели: отправки множества  $\{ind_r\}$  системе  $SPRESH$ , которая служит сигналом анализа операционной обстановки в имитационной модели, и обнуления индикатора  $Q_{\phi r}$  фактической наработки на сбой устройства номера  $r$ , означающей факт автоматического резервирования устройства. Информация об этом передается от  $AOBIN_{r1}$  непосредственно в системе  $SPRESH$ .

В ходе имитации технологического процесса с вероятностными характеристиками с постоянным шагом  $\Delta T_n$  фиксируются состояния ресурсов технологического процесса в базе данных модели (БДМ), которые затем в виде графиков и временных диаграмм ( $ST_k$ ) выдаются подсистеме PS.ANALEX. По этой информации формируется необходимая графическая информация  $\{\theta_4\}$  для эксперта при формировании управляющих воздействий  $\theta_3$  и  $\theta_5$  на имитационную модель технологического процесса с вероятностными характеристиками функционирования.

## 2 Контроль имитации управляемых технологических процессов

Возможность отказов оборудования технологического процесса с вероятностными характеристиками при выполнении  $AMTXO_{ij}$  заставляет эксперта-технолога предусмотреть выход из ситуации в технологическом процессе, возникшей после аварии, хотя она уже ликвидирована последовательностью  $\{APROC_k\}$ . На этот случай в имитационной модели предусмотрены «резервные» цепочки  $AMTXO_{ij}$ , которые активизируются только при появлении аварий. Переключение на «резервную» ветвь  $AMTXO_{ij}$  реализуется за счёт использования булевой матрицы коммутации  $\|\gamma_{ns}\|$ , формируемой экспертом-технологом до имитации технологического процесса с вероятностными характеристиками. Строками  $n$  являются номера  $AMTXO_{ij}$  на входе  $ASOB_i$ , а столбцами  $s$  являются номера резервных  $AMTXO_{ij}$  на выходе  $ASOB_j$ , которые необходимо инициировать в поставарийной ситуации технологического процесса. В результате подобное «технологическое резервирование» является динамическим регулятором поставарийной ситуации в технологическом процессе с вероятностными характеристиками функционирования.

Ещё одним способом недопущения аварий оборудования технологическом процессе является автоматический переход на резервное устройство, когда хотя бы для одного из устройств оборудования фактическая «наработка» превышает пороговые значения в  $ind_r$ . В этом случае все множество  $\{ind_r\}$  поступает в PS.OPEREX, которая проверяет близость к пороговому значению всех устройств оборудования. При достижении близости к пороговым значениям у нескольких устройств формируются следующие воздействия на имитационную модель технологического процесса: групповой переход на резервирование тех устройств, у которых «наработка» близка к критической ( $\alpha_1$ ); переход на общую профилактику оборудования из-за неэффективности группового резервирования или нехватки резервных устройств ( $\alpha_2$ ); допускается возможность аварии в тех случаях, когда останавливать технологический процесс нельзя, и состояния индикаторов игнорируются ( $\alpha_3$ ); если оборудование изношено, и общая профилактика будет неэффективна, принимается решение о досрочном завершении имитации  $h$ -го варианта имитационная модель, поскольку появление аварии для данного технологического процесса недопустимо ( $\alpha_4$ ).

Важной статикой реализации имитационной модели является граф критических путей ( $GRKRP_k$ ), который получен после наложения друг на друга критических путей. С помощью сообщений  $\theta_4$  PS.ANALEX выдаёт эксперту графики расхода в  $t_0$  ресурсов  $r$ -го типа  $Z_{1rh}(t_0)$ , финансовых средств  $Z_{2rh}(t_0)$ , а также временные диаграммы использования оборудования и исполнителей ( $DIAG_{rh}$ ). Оперативная статистика реализации технологического процесса в виде сообщения  $\theta_4$  предоставляется эксперту-технологу для принятия решений на основе классической теории принятия решений. В результате эксперт формирует набор управляющих воздействий ( $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  и  $\theta_5$ ), которые затем через подсистему SPRESH обеспечивают возможность досрочной остановки  $l$ -й реализации ВСГР на имитационную модель, перевод всех устройств оборудования на профилактику, оперативное изменение характеристик надёжности функционирования оборудования.

### Заключение

В работе рассматривается новый подход использования аппарата вероятностных сетевых графиков для имитации управляемых технологических процессов, который ориентирован на случаи, когда динамику функционирования систем управления можно описать на уровне элементов управления со сложной логикой с использованием процедур метода Монте-Карло. Описываются способы контроля хода имитации управляемых технологических процессов с вероятностными характеристиками функционирования

**Резюме.** Рассматривается новый подход к исследованию вероятностных технологических процессов с дискретным характером технологического цикла, в котором временные интервалы выполнения отдельных операций являются случайными величинами, а нарушение ритма производственного процесса может стать причиной серьезной аварийной ситуации. Изложен способ контроля имитации управляемых технологических процессов с вероятностными характеристиками функционирования

**Abstract.** The new approach to research of likelihood technological processes with discrete character of a work cycle in which time intervals of separate operation performance are random variables, is considered, and production rhythm infringement can become the reason for a serious emergency. The way of control of operated technological process imitation with likelihood functioning characteristics is stated.

---

**Литература**

1. Смородин, В.С. Агрегатная система автоматизации моделирования вероятностных технологических процессов производства / В.С. Смородин // Математичні машини і системи (Mathematical Machines and Systems). – 2007. – № 1. – С. 105 – 110.
2. Смородин В.С. Регулирование функционирования технологического процесса производства с помощью системы принятия решений // Системні дослідження та інформаційні технології (System Research & Information Technologies). – 2008. – № 2. – С. 77–86.
3. Боровиков В.П. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2003. — 688 с.: ил.

Гомельский государственный  
университет имени Ф. Скорины

Поступило 30.03.09

## Метод имитационного моделирования функционирования городской транспортной системы

В. Н. Галушко, Е. И. Сукач

**Введение.** Проблема моделирования ГТС по названию не нова. Начиная с первых шагов разработки ГТС, появились попытки проектного моделирования ГТС. Например, в работе [1] сообщается о методологии моделирования транспортных потоков. В последующих работах [2, 3, 4], посвященных проектному моделированию ГТС, отображен опыт 70-х годов прошлого столетия, накопленный при моделировании процессов управления транспортными потоками. Однако во всех этих попытках использования математических моделей (ММ) при проектном моделировании ГТС задача исследования максимально упрощалась до такой степени, что на практике эти ММ нельзя было затем использовать на этапах эксплуатации ГТС. Исследователи обычно сталкивались с двумя основными их особенностями: неопределенность поведения пассажиропотока во времени и многомерностью математических моделей, возникающих при описании этих процессов. Для многих исследований транспортных сетей [5] со сложившимся парком транспортных средств, обслуживающих маршрутные линии, характерно использование инструментария теории графов [6], на основе которого моделируется транспортный поток при помощи аналитических моделей [7], но установление регрессионных зависимостей в отрыве от остальных видов транспорта не позволяет в нашем исследовании использовать полученные результаты для описания транспортного потока. В работе [7], получившей активное внедрение во многих городах Евросоюза и РФ, описывается аналитическая модель, базирующаяся на дифференцированном установлении причин перемещений. В настоящее время на основе данного исследования широко используется программный пакет PTV Vision®, включающий имитационную программу моделирования транспортных ситуаций на перекрестках. Необходимо отметить, что предполагаемая степень детализации для генерации транспортных потоков по транспортным районам города не привязана к пассажиру, а основывается на обобщенных статистических данных. Такой способ моделирования существующих и прогнозируемых транспортных потоков дает большую неточность откликов моделирования при изменении транспортных маршрутов, к тому же в комплексной программе транспортной системы PTV Vision® VISUM достаточно сложно отобразить динамику изменения пассажиропотока. Проблема совершенствования существующей ГТС и адаптации имеющегося парка транспортных средств ( $TRSR_{jk}$ ) под запросы вероятностного пассажиропотока до настоящего времени так и не решена. Поэтому тема исследования весьма актуальна для практики организации процесса обслуживания имеющимся составом  $TRSR_{jk}$  реально функционирующей ГТС вероятностного пассажиропотока.

### Идея метода имитационного моделирования функционирования ГТС

Метод *состоит* в поэтапном отображении транспортного обслуживания пассажиропотока на имитационной модели (ИМ) функционирования компонентов городской транспортной системы (ГТС) в течении суточного цикла ее функционирования. Он *основан* на применении принципов и правил формализации функционирования ГТС при построении, испытании и эксплуатации ИМ компонентов ГТС. Все исходные характеристики ИМ ГТС определяются на основе статистического анализа результатов мониторинга потока пассажиров за суточный цикл функционирования реальной ГТС и последующего измерения характеристик ГТС для имитации процесса обслуживания пассажиров  $i$ -го типа, поступающих в ГТС на  $r$ -ой остановке ( $PASS_{ir}$ ). Во время имитации движения  $TRSR_{kj}$  вдоль  $j$ -ой маршрутной линии ( $MLIN_j$ ) за суточный цикл обслуживания ими множества  $\{PASS_{ir}\}$  фиксируется стати-

стика моделирования, являющаяся исходной информацией для вычисления интегральных статистик и откликов имитационного моделирования ГТС. На тех  $MLIN_j$ , которые имеют в своем составе множества  $\{TRSR_{kj}\}$  и пассажиров  $\{PASS_{ir}\}$ , согласно разработанной технологии мониторинга, измеряется статистика их поведения и определяется структура пассажиропотока, имевшая место в ГТС на момент проведения мониторинга. Эта статистика служит исходной информацией для имитационного моделирования ГТС. Далее в ходе имитации процесса обслуживания пассажиропотока по статистике мониторинга воспроизводится структура потока пассажиров, поступающих в ГТС за суточный цикл ее функционирования. Далее с помощью ИМ ГТС отображается на высоком уровне детализации функционирование компонентов ГТС и фиксируется такая же статистика использования ресурсов ГТС пассажирами и временные характеристики их обслуживания для каждого класса целевой поездки (поездки к месту работы, учебы и т.д.), которые в реально функционирующей ГТС определить практически невозможно. Кроме того, измеряются характеристики обслуживания существующего пассажиропотока при проектируемом составе транспортных средств на каждой  $MLIN_j$ . Поскольку сам пассажиропоток  $\{PASS_{ir}\}$  непредсказуем, то его характеристики моделируются с помощью векторов вероятности появления пассажиров  $i$ -го типа на  $g$ -х остановках  $MLIN_j$  ( $P_{jkr}$ ). Интервалы между поступлениями пассажиров на этих остановках также являются случайными величинами и разыгрываются в ИМ ГТС с помощью функций распределения  $F_{1jkr}(\tau_1)$  и  $F_{2jkr}(\tau_2)$ , где  $\tau_1$  и  $\tau_2$  соответственно интервалы между соседними поступлениями пассажиров от мест их проживания на остановку  $g$  и возврат пассажиров с мест их работы на ту же самую остановку. Использование розыгрыша появления пассажира на остановке  $g$  и случайных интервалов между соседними их поступлениями  $\tau_{1l}$  и  $\tau_{2l}$  в очередь на транспортные средства обуславливает необходимость использования при имитационном моделировании ГТС метода статистических испытаний [8]. Здесь  $l$ -номер реализации процедуры Монте-Карло ( $l = \overline{1, N_R}$ , где  $N_R$  – число реализаций ИМ ГТС, определяемое заранее на основании заданной точности имитации откликов модели по известным формулам [9]). После завершения  $N_R$  реализаций ИМ ГТС суточного обслуживания пассажиропотока заданным составом  $\{TRSR_{kj}\}$  согласно процедуре Монте-Карло [9] осуществляется усреднение откликов и статистик имитации с определением оценок математического ожидания и дисперсий откликов моделирования.

Метод реализуется в две стадии. *Первая стадия* включает в себя двенадцать этапов создания новых ИМ ГТС, выполняемых специалистами, владеющими языками и основами имитационного моделирования. При создании ИМ ГТС необходимо реализовать следующие этапы: составление содержательного описания ГТС (этап 1); организация мониторинга состава и структуры пассажиропотока для получения исходной информации, необходимой при построении ИМ ГТС (этап 2); формализация всех уровней представления ГТС (этап 3); разработка библиотеки программы универсальных компонентов ГТС (этап 4); новая разработка или модификация существующего программно-технологического комплекса имитации процессов в ГТС (этап 5); постановка натуральных экспериментов (НЭ) на прототипах ГТС и получение исходной информации для “запитки” вариантов компонентов ИМ ГТС (этап 6); установка в тексте ИМ ГТС подпрограмм обеспечения технологий ИЭ (этап 7); перевод формального описания в текст ИМ, функционирующей в технологической среде ПТКИ ГТС (этап 8); разработка программы вторичной обработки статистики имитации, реализующей усреднение откликов и статистик, полученных при  $N_M$  реализациях ИМ ГТС по методу Монте-Карло (этап 9); формирование программы варианта ИМ ГТС на основе библиотеки компонентов ИМ ГТС с включением в базу данных модели информации, полученной при мониторинге реальной ГТС (этап 10); испытание и верификация универсальной программы ИМ ГТС, адаптированной для конкретной структуры исследуемой ГТС (этап 11); проверка адекватности варианта универсальной ИМ ГТС исследуемого ГТС с помощью средств ПТКИ ГТС (этап 12). По завершении этих этапов ИМ ГТС готова к эксплуатации и записывается в виде очередной версии ИМ ГТС в библиотеку ПТКИ ГТС.

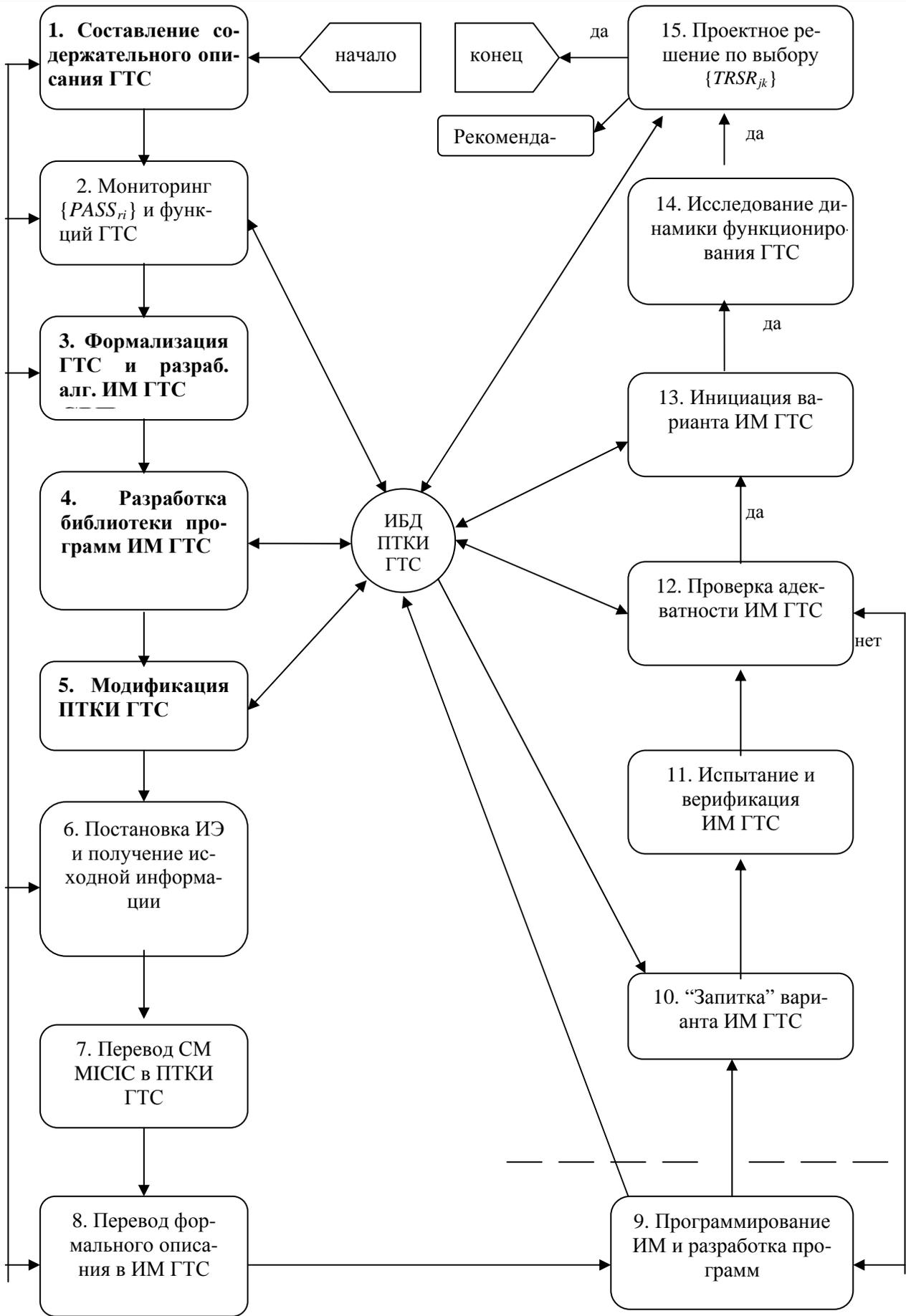


Рисунок 1 – Схема метода имитационного моделирования ГТС

На второй стадии реализацию метода обеспечивают сами специалисты, управления ГТС, которые эксплуатируют созданный вариант ИМ ГТС. Здесь уже не требуется высокой квалификации по программированию и моделированию, поскольку программа ИМ ГТС готова для использования этими специалистами и требуется только выполнение инструкции по эксплуатации ПТКИ ГТС. Вторая стадия метода реализуется тремя этапами эксплуатации вариантов ИМ исследуемой ГТС. На этапе 13 иницируется очередной вариант ИМ ГТС для исследования динамики функционирования ГТС в условиях того пассажиропотока, параметры которого были определены ранее в ходе мониторинга. При этом осуществляется информационная стыковка компонентов ИМ ГТС для конкретной структуры ГТС и состава транспортных средств в исследуемом варианте ГТС. Полученная на этапе 13 версия программы ИМ ГТС используется в дальнейшем в качестве базовой программы. Исследователю на этапе 14 (оценка технологических характеристик программы ИМ ГТС) необходимо определить: точность имитации, длину переходного периода, устойчивость и чувствительность имитационной модели конкретной структуры ГТС. Соответственно исследование функционирования динамики с помощью программы варианта ИМ ГТС осуществляется на этапе 14. По результатам имитации вариантов ГТС на этапе 14 принимается проектное решение по выбору варианта состава  $\{TRSR_{kj}\}$  на этапе 15. Как видим, число этапов эксплуатации меньше числа этапов разработки универсальной программы имитационного моделирования ГТС. Только в тех случаях, когда универсальная, готовая к эксплуатации ИМ ГТС, не подходит для исследований ГТС (с нашей точки зрения, такая ситуация встречается довольно редко) приходится начать исследование с первого этапа. Основная же часть этапов реализуется тогда, когда специалисты ГТС желают разобраться в неэффективности организации обслуживания пассажиропотока и принять обоснованные решения по устранению этих причин. Как видим, *основная идея метода* состоит в отделении этапов создания от этапов использования ИМ ГТС. Первая стадия реализована в данной работе. На второй стадии используются готовые ИМ ГТС. Когда возникает необходимость изменения алгоритмов компонентов ИМ ГТС пользователю предлагается комплекс ПТКИ ГТС и технология его использования для реализации метода. На рис. 1 приведена схема этапов реализации метода имитационного моделирования ГТС. Связь между этапами метода осуществляется через информационную базу данных (ИБД) ПТКИ ГТС. Как видно из рис. 1, когда адекватности ИМ ГТС не удалось достичь, может иметь место возврат на любой из предыдущих этапов метода.

### Заключение

*Этапы разработки программ ИМ ГТС, которые могут реализоваться один раз специалистами по прикладной математике, обладающими навыками программирования на языке СИ и технологиями построения ИМ ГТС в среде базовой системы моделирования MICIS 4 [14], отделены от этапов эксплуатации.* Этапы эксплуатации программ ИМ ГТС не требуют навыков по программированию и имитации, могут осуществляться многократно *самими специалистами ГТС.* При построении ИМ ГТС используется *высокий уровень детализации* процессов обслуживания отдельных типов пассажиров множеством компонент ИМ ГТС. В одном тексте ИМ ГТС *соединены декларативный и алгоритмический способы описания* компонент ИМ при *сочетании транзактного и процессного способов описания* динамики взаимодействия пассажиропотоков с процессами ИМ ГТС. Используется *информационная подкраска* транзактов в виде моделей поведения пассажиров за счет использования *маршрутных карт* движения пассажира по ГТС, которые хранятся в телах транзактов сложной структуры. *Использование реентерабельных программ* процессов ИМ ГТС *снижает проблему модификации вариантов структуры и состава ГТС,* поскольку нет необходимости перемоделировать параметризованную программу ИМ ГТС, так как достаточно без перепрограммирования указать только количественные характеристики основных компонентов ИМ ГТС.

**Резюме.** Дается описание универсальной параметризованной имитационной модели транспортного обслуживания пассажиропотока городской транспортной сети.

**Abstract.** The description of the universal parametrized imitating model of transport service of a city transport network passenger traffic volume is given.

### Литература

1. Брановицкая С.В., Лопатин А.П., Половников В.С. Анализ технологических алгоритмов. – В сб.: Математические методы исследования и оптимизации систем. – Киев: ИК АН УССР, 1971. – С.71-94.
2. К. Филлер М. Ф. Один алгоритм нахождения кратчайших путей – В кн.: Исследования по дискретной оптимизации. – М., «Наука», 1976, С. 359-364.
3. Артынов А.П., Скалецкий В.В. Автоматизация процессов планирования и управления транспортными системами. – М.: Наука, 1981. – 208 с.
4. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
5. Lohse, D.: Grundlagen der Strafenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2: Verkehrsplanung, 2. Auflage, Berlin, Verlag fur Bamvesen GmbH, 1997.
6. Domschke, W.: Logistik: Transport, Munchen, Oldenbourg Verlag, 1995.
7. Forschner, G.: Verkehrsplanerische Berechnungsmethode des Strafienguterverkehrs. WissenschaftundTechnikim Strqfienwesen, Heft 20, Berlin 1982.
8. Lohse, D.; Teichert, H.; Dugge, B.; Bachner, G.: Ermittlungvon Verkehrsstromen mit n-linearen Gleichungssystemen — Verkehrsnachfragemodellierung -, Schriftenreihe Heft 5, Dresden, Institutfur Verkehrsplanung und Strafenverkehr der TU Dresden, (1997).
9. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – Минск: Финансы и статистика, 1983. – 547 с.
10. Задачи и модели исследования операций. Ч.3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: учебное пособие / И.В. Максимей [и др.] – Гомель: БелГУТ, 1999. – 150 с.

## Моделирование и анализ транспортных сетей с учётом случайных параметров их функционирования

Е. И. СУКАЧ, П. В. ГИРУЦ, Д. В. РАТОБЫЛЬСКАЯ

**Введение.** Существует ряд задач, решаемых при исследовании транспортных сетей (ТС) и их потоков. Классическими задачами в этой области являются определение кратчайшего (наиболее выгодного) пути в ТС и нахождение максимальной величины потока [1]. Однако решение указанных задач становится возможным при определенных ограничениях ТС и их участков.

В классической постановке задачи определения кратчайшего пути между заданными пунктами ТС предполагается постоянная величина характеристик участков ТС. Если такой характеристикой является длина участков, то алгоритм, основанный на аналитических расчетах [1], позволяет найти кратчайший путь. Однако выбор кратчайшего пути в смысле времени перемещения транспортных средств, стоимости и общей эффективности организации транспортного процесса требует разработки специальных методов, позволяющих учесть случайный характер этих величин.

Применение алгоритма Форда-Фалкерсона [1] при определении максимального потока требует, чтобы пропускные способности участков были постоянными (целыми) величинами. В общем случае, пропускная способность участка ТС зависит от длины этого участка ТС, скорости движения транспортных средств по участку и их количества, которое может поместиться на участке ТС. На практике скорости движения транспортных средств не являются постоянными, также не является постоянным количество транспортных средств, которое может поместиться на участке ТС, в силу различных габаритных размеров транспортных средств, а также в силу вероятностного характера дистанции между транспортными средствами, поэтому и пропускная способность участка ТС имеет случайный характер. Таким образом, предположение о случайном характере величины пропускной способности ветви ТС входит в противоречие с классической постановкой задачи о нахождении максимального потока в ТС.

При решении обеих задач рассматриваются только один пункта начала движения транспортных средств (исток) и только один пункта окончания движения (сток). В реальной ТС крайне редко встречается такая ситуация. Как правило, ТС имеют некоторое множество пунктов начала движения, а также некоторое множество пунктов окончания движения. Поэтому определить кратчайший путь в выбранном направлении и найти интегральный транзитный поток, максимально загружающий ТС, используя известные аналитические алгоритмы, не представляется возможным, так как последние рассматривает случай единственного потока в ТС.

В виду изложенного можно сделать вывод о том, что классические задачи о нахождении максимального потока и наиболее выгодного пути ТС соответствует частным случаям задачи моделирования транспортных потоков исследуемой ТС, а их решения представляют лишь возможные варианты решений, соответствующие некоторым реализациям алгоритмов для случайно заданных параметров.

В статье предлагается единый подход к исследованию ТС, функционирующих в условиях случайных воздействий, основанный на сочетании аналитических алгоритмов решения классических задач с методом статистических испытаний Монте-Карло. Приводится пример определения наиболее эффективного максимального потока ТС города Гомеля с использованием модифицированного алгоритма Форда-Фалкерсона [2].

**Методика исследования транспортных сетей с учётом вероятностного характера их функционирования.** ТС описывается графом  $G(N, U)$ , узлами которого  $\{N\}$  являются пе-

ресечения дорог, где транспортные средства могут изменить направление. Ребра графа  $\{U\}$ , представляющие участки дорог, характеризуются пропускной способностью ( $C = \|c_{ij}\|$ ), длиной ( $L = \|l_{ij}\|$ ), стоимостью перемещения транспортных средств ( $Q = \|q_{ij}\|$ ), временем перемещения транспортных средств ( $T = \|t_{ij}\|$ ). Значения матриц пропускной способности и длины являются постоянными величинами. Значения матриц стоимости и времени движения изменяются и задаются соответствующими функциями распределения ( $FQ_{ij}(\varphi)$  и  $FT_{ij}(\tau)$ ), полученными путём обработки статистических эмпирических данных. Транспортный поток (ТП) сети имеет свою величину и структуру. Величина ТП определяется количеством транспортных средств, а структура задаётся множеством транзитных потоков, имеющих свои входы  $\{Z\}$  и выходы  $\{Y\}$ . При проведении исследования ТС решаются две задачи: определение кратчайшего пути; нахождение эффективного максимального потока и его распределения.

*Первая задача* предполагает выбор критерия оценки пути для заданного истока ( $z \in Z$ ) и стока ( $y \in Y$ ). Это может быть минимальное время ( $T_{zy}$ ), стоимость ( $Q_{zy}$ ) либо наилучший комплексный показатель эффективности пути ( $F_{zy}$ ). Не нарушая общности рассуждений, можно рассмотреть метод решения задачи для одного из перечисленных критериев, например, времени. Первым шагом при решении указанной задачи является проведение  $l$ -ой реализации имитационного эксперимента (ИЭ), при которой методом Монте-Карло разыгрываются случайные значения времени перемещения из  $i$ -ого узла сети в  $j$ -ый ( $t_{ij} \forall i, j$ , где  $u_{ij} \in U$ ). После этого задача выбора наиболее выгодного пути в смысле времени перемещения становится классической, и для её решения используется известный аналитический алгоритм. Полученное решение представляет собой одну из возможных траекторий движения транспортных средств ( $KP_{zyl}$ ) для выбранных  $z$  и  $y$ , имеющую минимальное значение времени движения ( $T_{zyl}$ ). Проведение серии ИЭ для  $l = \overline{1, M}$  позволяет сформировать выборки размера  $M$ , включающие множество траекторий  $\{KP_{zyl}\}$  и времен их реализации  $\{T_{zyl}\}$ . Среднее значение элементов выборки  $\{T_{zyl}\}$  определяет минимальное время перемещения ( $\overline{T_{zy}}$ ), а рассмотрение выборки траекторий движения позволяет сформировать интегральную траекторию движения ( $\overline{IKP_{zy}}$ ) и упорядочить все траектории по вероятности.

*Вторая задача* решается с учётом внутренних потоков, которые отнимают некоторую часть ресурсов сети, уменьшая величину пропускных способностей участков. Величина внутренних потоков является случайной и задаётся функциями распределения  $FV_{ij}(\lambda)$ . Для выбранного истока ( $z \in Z$ ) и стока ( $y \in Y$ ) в  $l$ -ой реализации ИЭ значения пропускных способностей определяются по формуле  $c'_{ij} = c_{ij} - vn_{ij}$ , где  $vn_{ij}$  – величина внутреннего потока на участке, полученная методом Монте-Карло по соответствующей функции распределения. Далее задача нахождения максимального потока становится детерминированной, и для её решения используется модифицированный алгоритм Форда-Фалкерсона. На каждой итерации этого алгоритма для насыщения из всех возможных путей выбирается путь, обеспечивающий минимальное значение показателя  $\Phi$ , который определяется по формуле:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f_{ij}, \quad f_{ij} = \delta_1 \cdot l_{ij} + \delta_2 \cdot \frac{l_{ij}}{x_{ij}} + \delta_3 \cdot q_{ij} \cdot l_{ij}, \quad \text{где } \delta_i \in [0;1] \quad \text{коэффициенты важности } i\text{-того параметра}$$

в общем интегральном показателе. Результаты расчётов позволяют найти наиболее эффективный максимальный поток  $\varphi_{zyl}$ , оценить его эффективность  $\Phi_{zyl}$  и указать вариант распределения этого потока по сети  $X_{zyl} = \|x_{ijl}\|$ , соответствующие случайным параметрам  $l$ -ой реализации ИЭ. По результатам серии ИЭ для  $l = \overline{1, M}$  формируются выборки, включаю-

щие значения максимального потока  $\{\varphi_{zyl}\}$ , эффективности потока  $\{\Phi_{zyl}\}$  и варианты его распределения в ТС  $\{X_{zyl}\}$  для заданного истока и стока. Путем усреднения указанных элементов выборок определяются итоговые значения максимального потока  $\overline{\varphi_{zy}}$ , его эффективности  $\overline{\Phi_{zy}}$  и распределения по ТС  $\overline{X_{zy}}$ .

В том случае, если при исследовании ТС рассматривается транзитный ТП, имеющий множество пунктов отправления  $Z$  и множество пунктов назначения  $Y$ , то для выбора вариантов решения указанных задач предлагается использовать специальный алгоритм, основанный на принципе суперпозиции для независимых транспортных потоков в одном и том же графе [3]. При этом для каждого отдельного транзитного ТП используется описанная выше методика решения задач, основанная на сочетании аналитических расчётов и метода Монте-Карло.

#### **Пример исследования характеристик транзитного потока транспортной сети.**

Для исследования выбрана ТС автомобильных дорог города Гомеля, географическая схема которой представлена на рисунке 1. Транспортные потоки этой сети образуют транспортные средства, которые совершают движение по сети. В качестве пунктов начала транзитного движения (истоков) исследуемой ТС выступает множество пунктов западной границы города, в качестве пунктов окончания транзитного движения выступает множество пунктов на противоположной (восточной) границе города.



Рисунок 1 – Географическая схема дорог города Гомеля

Граф, соответствующий ТС исследуемого региона (рис.1), имеет структуру, представленную на рисунке 2. Для исследования выбран транзитный ТП, который перемещается слева направо и имеет точку входа и точку выхода, представленные на рисунке 2 флажками. Участки рассматриваемой ТС характеризуются следующими параметрами: пропускной способностью ( $c_{ij}$ ); скоростью движения транспортных средств ( $v_{ij}$ ); длиной ( $l_{ij}$ ).

Пропускная способность участков ТС ( $c_{ij}$ ) рассчитывается по формуле: 
$$c_{ij} = \frac{\Delta t}{l_{ij} / v_{ij}} \cdot n_{ts},$$

где  $n_{ts} = \frac{l_{ij}}{l_{ts}}$  – количество транспортных средств на участке,  $l_{ts}$  – длина участка занимаемое транспортным средством,  $\Delta t$  – временной интервал определения пропускной способности. В рассматриваемом примере предполагается, что  $\Delta t$  равно 1 часу,  $l_{ts}$  выбирается с учётом расстояния до очередного транспортного средства и принимается равным 10 м, скорость транс-

портных средств согласуется с режимом движения в городе и считается равной 60 км/ч, длины участков определяется в автоматическом режиме с учётом масштаба схемы исследуемой сети.

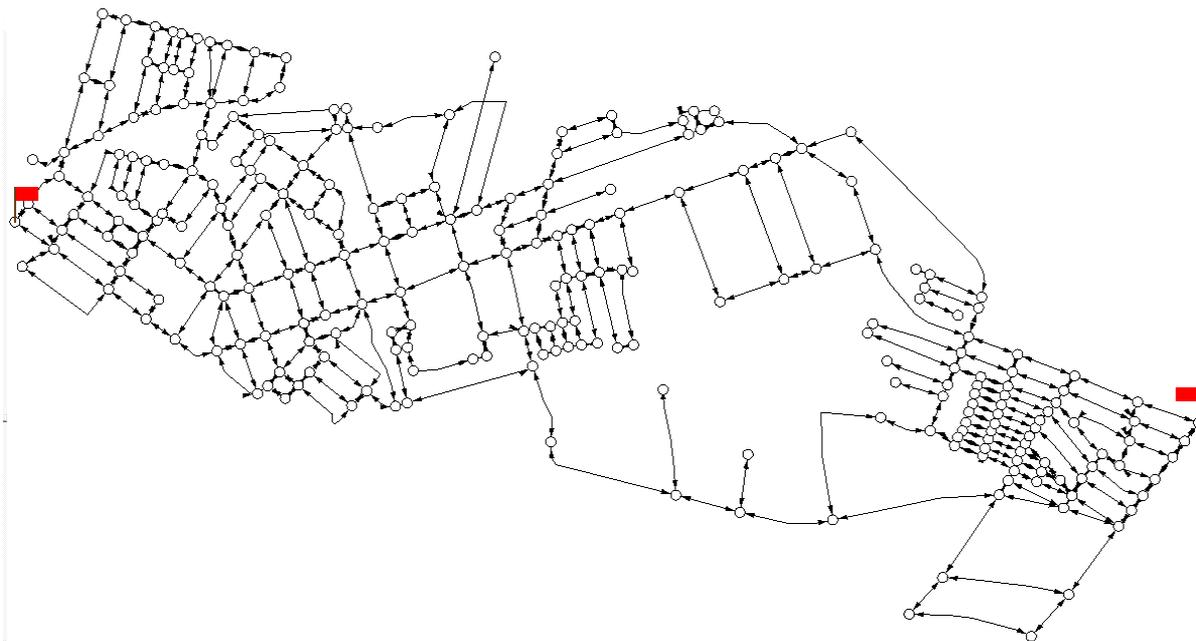


Рисунок 2 – Граф исследуемой транспортной сети

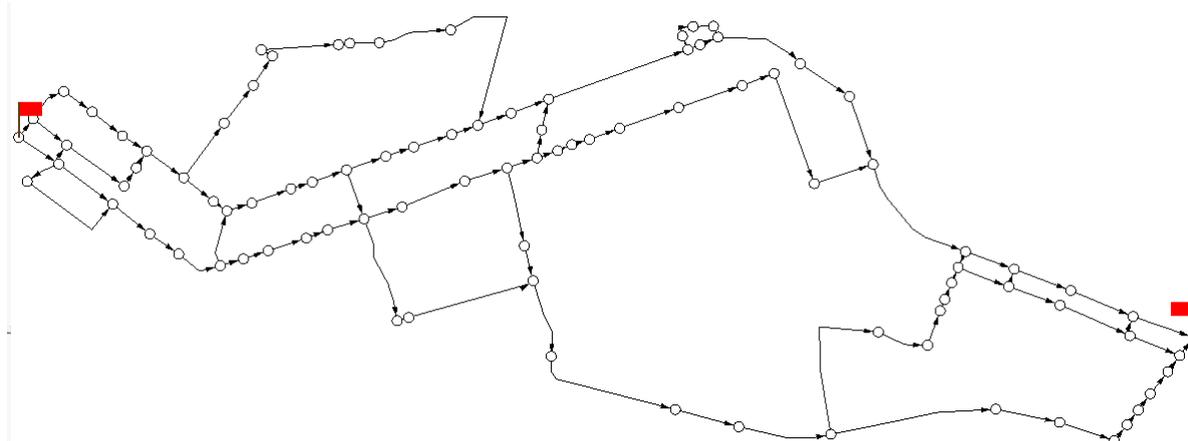


Рисунок 3 – Распределение потока, полученное алгоритмом Форда-Фалкерсона

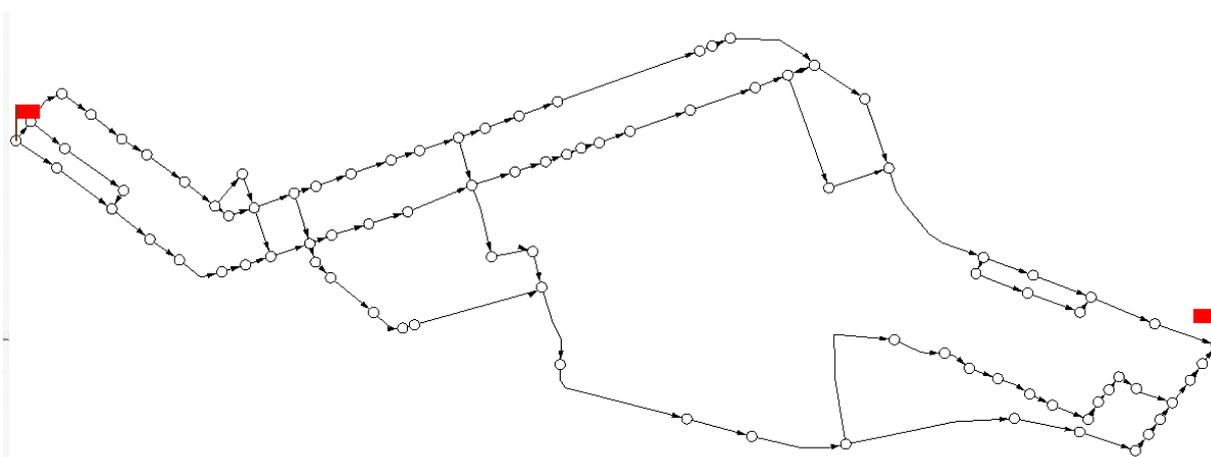


Рисунок 4 – Распределение потока, полученное модифицированным алгоритмом Форда-Фалкерсона

Эффективность потока рассчитывается по формуле  $\Phi = \sum_i \sum_j l_{ij} * x_{ij}$ , где  $x_{ij}$  – количество транспортных средств потока на участке, и отражает суммарное расстояние, которое преодолели все транспортные средства потока за время  $\Delta t$ .

Определение максимального потока, его распределения и эффективности проводится двумя способами: с использованием алгоритма Форда-Фалкерсона [1] и с использованием модифицированного алгоритма Форда-Фалкерсона [2].

Распределение потока, полученное по алгоритму Форда-Фалкерсона, представлено на рисунке 3. Граф, отражающий распределение потока, полученное при помощи модифицированного алгоритма Форда-Фалкерсона, приведен на рисунке 4. Результаты расчётов показывают, что при одинаковой величине максимального потока, модифицированный алгоритм позволяет найти более эффективное распределение потока в ТС.

Таким образом, перемещение транспортных средств максимального объема (1047 транспортных единиц /час), реализуется по пути меньшего расстояния (25466.2 км), что ведёт к сокращению времени перемещения и экономии топлива и, в конечном счёте, является экономически более выгодным.

Исследование транзитного потока может быть реализовано для множества входов и множества выходов ТС, а также с учётом стоимости движения ( $q_{ij}$ ) и учётом внутренних потоков на каждом участке ТС ( $vn_{ij}$ ).

**Заключение.** Ограничения классических методов исследования ТС значительно сужают круг объектов, к которым они могут быть применены. Применение имитационного моделирования позволяет исключить большинство ограничений и получить более точные результаты для существующих и прогнозируемых транзитных потоков.

**Резюме.** Излагается подход к исследованию транспортных систем, основанный на сочетании имитационного моделирования и аналитических расчётов.

**Abstract.** The approach to the transport system research based on a combination of imitating modeling and analytical calculations is stated.

### Литература

1. Задачи и модели исследования операций. Ч. 1. Аналитические модели исследования операций: Уч. пособие / И. В. Максимей, С.И. Жогаль, под общ. ред. И.В. Максимей. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 109 с.
2. Гируц, П.В. Метод имитации объектов графовой структуры, Известия Гомельского государственного университета имени Ф.Скорины, №4(37), 2006, С.17-20.
3. Максимей, И. В. Использование имитационного моделирования для нахождения интегрального максимального потока в транспортной сети региона / И. В. Максимей, Е. И. Сукач, П. В. Гируц // Реєстрація, зберігання і обробка даних (Data Recording, Storage&Processing). – Т.10. – №1. – 2008. – С.49-58.

УДК 681.3

## Определение резервов пропускной и перерабатывающей способностей железнодорожной сети на основе имитационного моделирования

Е. А. ЕРОФЕЕВА, Д. В. РАТОБЫЛЬСКАЯ, Н. Н. ЗАПОЛЬСКИЙ

**Введение.** Основное назначение железнодорожной сети (ЖС) состоит в своевременной доставке грузов. Однако ограниченное количество перевозчиков, неудовлетворительные сроки доставки грузов, низкая возможность доставки груза к пунктам потребления снижает заинтересованность заказчиков в железнодорожных перевозках и требует разработки мер, позволяющих минимизировать негативное воздействие указанных факторов. Движение поездов в ЖС организуется в соответствии с утверждённым планом формирования составов (ПФС), который представляет собой план организации вагонопотоков в поезда и план распределения объема работы между различными станциями по формированию, расформированию, пропуску поездов транзитом с учетом критерия технико-экономической целесообразности. Разработка ПФС является сложной задачей, имеющей лишь приближённое решение [1]. Нагрузка на сеть определяется как постоянными, так и впервые планируемыми перевозками, которые имеют случайный характер и определяют вероятностный характер нагрузки. Таким образом, функционирование железнодорожной сети (ЖС) подвержено влиянию случайных факторов и может приводить к возникновению сбоев в обслуживании вагонопотоков даже в условиях реализации утверждённого ПФС.

Для организации бесперебойного функционирования железнодорожной системы необходимо определить резервы ЖС, которые выражаются в некоторой избыточности – дополнительных средствах (локомотивы, вагоны, рельсы, топливо, запасные части и оборудование для текущих и восстановительных ремонтов и т.д.) или дополнительных возможностях (пропускная, провозная, перерабатывающая способности) сверх минимально необходимых для надежного выполнения заданных функций.

Для определения резервов с целью усовершенствования показателей работы железнодорожного транспорта предлагается использовать имитационные модели (ИМ) железнодорожной сети разного уровня детализации в составе комплекса автоматизации имитационного моделирования транспортных систем [2]. Имитационная модель сортировочной станции IM\_JST предназначена для исследования доминирующей технологической линии процесса переработки поездопотока станции. ИМ всей железнодорожной сети IM\_JS позволяет определить вариант распределения нагрузки и ресурсов ЖС, обеспечивающий минимизацию времени и издержек на транспортировку единицы груза при безусловном обеспечении качества транспортировки и безопасности его для человека и природной среды.

Параметризованность моделей и высокий уровень автоматизации всех этапов моделирования обеспечивает процесс исследования железнодорожной системы без знания технологических аспектов программирования и позволяет оперативно решать типовые задачи имитационного моделирования с учётом имеющихся данных и критериев поиска решения.

**Формальное описание функционирования сортировочной станции.** Технологический процесс переработки поездопотока на сортировочной станции реализует следующие функции: прием поездов, их подготовку к расформированию, расформирование, накопление составов новых назначений, формирование новых составов, подготовку их к отправлению и отправлению. Он может быть представлен в виде иерархического графа  $G_{TXO}(L, W)$ , узлами которого являются технологические операции  $\{L\}$ , а ветвями – переходы от одной технологической операции (ТХО) к другой  $\{W\}$ . В соответствии с графом технологического процесса переработки вагонопотока с использованием аппарата сетевого планирования [3]

строится сетевой график процесса переработки транзитного вагонопотока, параметры которого являются вероятностными. Событиями сетевого графика являются моменты начала и конца ТХО. Рёбрами являются сами ТХО.

Входящий вагонопоток образуют составы, формализованные в виде сложных составных транзактов (ССТ), которые поступая на станцию, разбиваются на вагоны и группы вагонов (кортежи), а затем в соответствии с назначением (ПФС), собираются в новые составы. Состав информации, содержащейся в теле ССТ, определяет последовательность и величину модельного времени обслуживания его технологическими операциями, а также состав и величину необходимых для этого обслуживания ресурсов.

Во время технологического процесса переработки входящего вагонопотока каждая технологическая операция из множества  $\{T XO_j, j = \overline{1, L}\}$  для обслуживания ССТ на время её реализации запрашивает следующие ресурсы: путевые ресурсы ( $\alpha_{ij}$ ); ресурсы маневровых локомотивов ( $\gamma_{ij}$ ); ресурсы бригад исполнителей ( $\lambda_{ij}$ ). Её выполнение характеризуется временем реализации ( $t_j$ ) и стоимостью ( $q_j$ ), величина которых является случайной и описывается с помощью функций распределения, полученных на основании эмпирической информации исследуемой сортировочной станции.

Вектор входных параметров  $h$ -го варианта моделирования  $G\_T XO_h$  включает: граф технологического процесса переработки входящего вагонопотока  $G\_T XO(L, W)$ ; функции распределения времени выполнения и стоимости выполнения технологических операций ( $F_j(\omega) / F_j(\xi), j = \overline{1, L}$ ); матрицу вероятностей переходов между ТХО ( $\|p_{kl}\|, k, l = \overline{1, L}$ ); число видов ресурсов исследуемой станции ( $VR$ ); вектор объёма ресурсов различных видов исследуемой станции ( $\|vr_i\|, i = \overline{1, VR}$ ); матрицу объёма ресурсов различных видов, необходимых для выполнения технологических операций ( $\|vr_{ij}\|, i = \overline{1, VR}, j = \overline{1, L}$ ); число входов/выходов исследуемой станции ( $VS$ ); число видов составов ( $M$ ); вектор, определяющий структуру потоков, поступающих на станцию с различных входов ( $STR_{input} = \|F_v(\mu)\|, v = \overline{1, VS}$ ); вектор, определяющий структуру потоков, формируемых на станции для различных выходов ( $STR_{output} = \|F_v(\tau)\|, v = \overline{1, VS}$ ); вектор, определяющий интенсивность поступления составов на сортировочную станцию с различных входов ( $INT_{input} = \|F_v(\gamma)\|, v = \overline{1, VS}$ ); параметры вагонов: интенсивность поступления местных вагонов на станцию ( $\lambda = R_v(\nu)$ ); массу вагонов ( $mv = R_v(\varphi)$ ); род подвижного состава ( $tv = R_v(\rho)$ ); станцию назначения вагонов ( $sn = R_v(\sigma)$ ); параметры составов: массу составов ( $ms = R_s(\varphi)$ ); скорость перемещения составов ( $\vartheta = R_s(\nu)$ ); количество вагонов в составах ( $nv = R_s(\xi)$ ); вид составов ( $Z$ ).

В результате пересчёта статистик имитации определяется вектор откликов  $Y_h$ , соответствующий  $h$ -му варианту сочетания параметров моделирования сортировочной станции. Его компонентами являются: пропускная способность станции ( $PRP$ ); перерабатывающая способность станции ( $PRB$ ); число отправленных вагонов (составов) в сутки ( $n_{ot} / N_{ot}$ ); число принятых вагонов (составов) в сутки ( $n_{pr} / N_{pr}$ ); время/стоимость формирования состава для каждого выхода ( $\|tf_{vz}\| / \|qf_{vz}\|, v = \overline{1, VS}, z = \overline{1, M}$ ); средний простой вагона по выделенным технологическим цепочкам ( $\overline{T_{prs_s}}$ ); коэффициенты загрузки путевых ресурсов ( $\eta\alpha_{pp}, \eta\alpha_g, \eta\alpha_{sp}, \eta\alpha_{vit}, \eta\alpha_{po}$ ); коэффициенты загрузки маневровых локомотивов ( $\eta\gamma_g, \eta\gamma_{vit}$ ); коэффициенты загрузки бригад исполнителей ( $\eta\lambda_{пто}, \eta\lambda_{пко}, \eta\lambda_{стс}$ ).

**Особенности формализации железнодорожной сети.** Железнодорожная сеть представляет собой граф  $G(N, U)$ , в котором узлами являются сортировочные станции  $\{N\}$ , а рёб-

рами – участки дорог  $\{U\}$ , соединяющие станции. На сортировочных станциях происходит обслуживание составов, поступающих с различных станций ЖС и их переформирование с учётом вагонов, поступающих с прилегающих промежуточных станций, которые должны быть отправлены согласно пункту назначения.

Перемещение транспортных потоков в ЖС реализуется в соответствии с утверждённым ПФС, параметры которого учитываются при моделировании. Обслуживание транспортного потока ЖС предполагает реализацию следующих операций: генерацию вагонов с определёнными параметрами на станциях сети; построение списка станций, определяющих маршруты следования вагонов; распределение вагонов на пути формирования составов, которые определяется пунктами их назначения; формирование составов из местных вагонов и вагонов, поступивших с других станций в составе поездов; отправление поездов со станций; перемещение составов по участкам ЖС; приемка поездов на станцию и их обслуживание.

Вектор параметров  $k$ -го варианта моделирования ( $G_k$ ) образуют следующие величины: граф исследуемой железнодорожной сети  $G(N, U)$ ; план формирования составов, задаваемый массивом  $PFS = \|\|pfs_{ijs}\|\|, i, s, j = \overline{1, N}$ , элементами которого являются коды сортировочных станций, при перемещении вагона из пункта  $i$  в пункт  $j$ ; число входов/выходов для множества сортировочных станций ( $\|\|vs_i\|\|, i = \overline{1, N}$ ); матрица пропускных способностей ( $\|\|c_{ij}\|\|, i, j = \overline{1, N}, u_{ij} \in U$ ); матрица стоимости перемещения вагона по участку дороги единичной длины из  $i$ -того узла ЖС в  $j$ -тый узел ( $\|\|qe_{ij}\|\|, i, j = \overline{1, N}, u_{ij} \in U$ ); матрица длин участков ЖС ( $\|\|l_{ij}\|\|, i, j = \overline{1, N}, u_{ij} \in U$ ); число видов составов, составляющих транспортный поток ( $M$ ); матрица, определяющая структуру поездопотоков ( $STR = \|\|F_{ij}(\mu)\|\|, i, j = \overline{1, N}$ ); матрица, определяющая интенсивность поступления различных видов составов в ЖС ( $INT = \|\|F_{ijk}(\gamma)\|\|, ij = \overline{1, N}, k = \overline{1, M}$ ); матрицы времени/стоимости обслуживания составов на сортировочных станциях ( $\|\|F_{kij-p}(\tau)\|\|/\|\|F_{kij-p}(\psi)\|\|, k = \overline{1, M}, i, j, h = \overline{1, N}$ , где  $k$ -вид состава,  $i$ -станция отправления,  $j$ -станция назначения,  $p$ -сортировочные станции пути перемещения), элементами которых являются функции распределения времени/стоимости обслуживания составов на сортировочных станциях ЖС, полученные с помощью IM\_JST; параметры вагонов: интенсивность поступления местных вагонов на сортировочную станцию ( $\lambda_i = R_{vi}(v), i = \overline{1, N}$ ); массу вагонов ( $mv = R_v(\varphi)$ ); род подвижного состава ( $tv = R_v(\rho)$ ); станцию назначения вагонов ( $sn_i = R_{vi}(\sigma), i = \overline{1, N}$ ); параметры составов: массу составов ( $ms = R_s(\varphi)$ ); скорость перемещения составов ( $\mathcal{G} = R_s(v)$ ); количество вагонов ( $nv = R_s(\xi)$ ) в составах; вид составов ( $Z$ ).

Вектор откликов моделирования  $Y_k$ , полученный обработкой статистических данных включает средние значения: времени перемещения вагонов из  $i$ -го пункта отправления в  $j$ -ый пункт назначения ( $\|\|t_{ij}\|\|, i, j = \overline{1, N}$ ); стоимости доставки грузов из  $i$ -го пункта отправления в  $j$ -ый пункт назначения ( $\|\|q_{ij}\|\|, i, j = \overline{1, N}$ ); расстояния из  $i$ -го пункта отправления в  $j$ -ый пункт назначения в условиях рассматриваемого ПФС ( $\|\|l_{ij}\|\|, i, j = \overline{1, N}$ ); реализованной пропускной способности при перемещении из  $i$ -го пункта отправления в  $j$ -ый пункт назначения ( $\|\|pr_{ij}\|\|, i, j = \overline{1, N}$ ); суммарного времени простоя вагонов на сортировочных станциях при их перемещении из  $i$ -го пункта отправления в  $j$ -ый пункт назначения ( $\|\|t_{-oj_{ij}}\|\|, i, j = \overline{1, N}$ ); грузо-напряженности ЖС, которая является показателем уровня загрузки сети объемом транспорт-

ной работы и вычисляется по формуле  $GN = \sum_{ij \in N} l_{ij} \overline{p_{ij}} / \sum_{ij \in N} l_{ij}$ , где  $\overline{p_{ij}}$  – средняя величина перевезенного груза по участку ЖС.

**Определение резервов сортировочной станции.** Пропускная мощность всей ЖС в значительной степени определяется возможностями станций по переработке и пропуску вагонопотоков. Резервы, повышающие пропускную и перерабатывающую способности станций, определяются путём решения следующих задач: определения резерва времени выполнения ТХО по сетевому графику (задача 1); подбора состава и объёма ресурсов, позволяющих ускорить обслуживание вагонопотоков (задача 2); установления структуры технологического процесса переработки вагонопотока (задача 3); выбора состава эвристических управляющих правил, увеличивающих пропускную способность станции (задача 4).

*Задача 1.* Анализ сетевого графика процесса переработки транзитного вагонопотока с целью выявления резерва времени основан на приведении вероятностного процесса переработки со случайными временами выполнения ТХО и вероятностными переходами к последовательности детерминированных сетевых графиков соответствующих  $l$ -ым реализациям процедуры Монте-Карло. Для  $l$ -ой реализации формулы расчёта параметров сетевого графика при фиксированных значениях позволяют получить множества ранних и поздних сроков, а также резервов выполнения ТХО  $\{(t_{rjl}, t_{pjl}, R_{jl})\}$ , где  $t_{rjl}$  – ранний срок выполнения ТХО $_j$ ,  $t_{pjl}$  – поздний срок выполнения ТХО $_j$ ,  $R_{jl} = t_{pjl} - t_{rjl}$  – резерв времени. В результате  $N$  прогонов ИМ\_ЖСТ формируется множество критических путей  $\{GRKP_l\}$ , по которому определяется интегральный вероятностный граф критических путей  $GRKP$ . В этом графе выделяется: наиболее вероятный критический путь  $GRKP_v$ , который отображает ситуации, возникающие при переработке вагонопотока с вероятностью  $p_{kr\_s}$  и требующие для своей реализации времени  $T_{kr\_s}$ . При этом проверяется условие  $T_{kr\_s} < T_e$ , где  $T_e$  – экспертное время реализации процесса переработки транзитного вагонопотока. Если условие не выполняется, то решается задача перераспределения ресурсов сортировочной станции с целью уменьшения критического времени выполнения сетевого графика.

*Задача 2.* Своевременное выделение ресурсов сокращает время обслуживания составов на сортировочной станции и увеличивает показатели её пропускной и перерабатывающей способностей. При выделении ресурсов возникает конкуренция между ТХО, которая регулируется подсистемой распределения ресурсов модели.

Структура запросов  $h$ -го варианта реализации процесса переработки вагонопотока множеством ТХО описывается вектором  $R_h$ , а объём ресурсов определяется вектором  $V_h = (\alpha_{ih}, \gamma_{ih}, \lambda_{ih})$ . При оценке пропускной и перерабатывающей способностей станции для установившегося поездопотока проводится серия ИЭ, в которых варьируемыми параметрами являются состав и величина ресурсов исследуемой станции. Для этого составляется план ИЭ, в котором устанавливаются границы изменения величины различных видов ресурсов и состав контролируемых откликов. С целью определения лучшего варианта организации обслуживания транспортного потока анализируется вектор откликов  $Y_h = f(V_h, R_h)$ . Выбирается тот вариант состава и распределения ресурсов, который обеспечивает минимальные значения пропускной и перерабатывающей способностей, при условии, что остальные отклики находятся в допустимых пределах.

*Задача 3.* С целью исследования структуры технологического процесса переработки транспортного потока контролируются средние значения характеристик реализации функций процесса обслуживания кортежей: время нахождения кортежа в парке прибытия ( $t_{pp}$ ); время нахождения кортежа в парке прибытия под обработкой ( $t_{pp\_r}$ ); время расформирования состава ( $t_{rf}$ ); время ожидания накопления транзактов на состав в сортировочном парке ( $t_{sp}$ ); время нахождения кортежа в парке отправления ( $t_{po}$ ); время нахождения кортежа в парке

отравления под обработкой ( $t_{po\_r}$ ). В случае, если на каком-либо участке сортировочной станции время обслуживания кортежа превышает допустимое для этого участка значение, исследуется альтернативный вариант с заменой неэффективной технологической цепочки.

**Задача 4.** Пропускная способность технологической линии переработки транспортно-вагонопотока может быть значительно увеличена за счёт введения организационных мероприятий, основанных на эвристических правилах, полученных опытным путём. Они позволяют в сетевом графике работ использовать вместо детерминированных переходов условные переходы. При этом организуется приоритетный выбор ССТ на их обслуживание технологическими операциями. Признаком, обеспечивающим высокий приоритет, может выступать наличие ресурсов для обслуживания ССТ технологическими операциями, а также наличие в составе ССТ завершающего кортежа, быстрое обслуживание которого приведёт к добавлению его в соответствующий пул и завершению формирования нового ССТ (состава). Эффективность использования правил может быть установлена путём проведения ИЭ и последующим анализом результатов имитации.

**Определение резервов всей железнодорожной сети.** Максимальный поток, который может быть пропущен по элементам ЖС в единицу времени, составляет пропускную способность сети в целом. Установление соответствия между мощностью сети и величиной потока является условием эффективного функционирования ЖС и обеспечения установленных границ изменения пропускной способности. Повышение пропускной способности всей сети может быть достигнуто различными способами: путём станционного развития; путём совершенствования процесса обслуживания транспортного потока; корректировкой параметров транспортного потока. Использование имитационной модели IM\_JS позволяет рассмотреть все перечисленные способы выявления резервов пропускной способности.

*Первый способ* предполагает выявление и учёт резервов перерабатывающей способности сортировочных станций при планировании перевозок всей сети. Это позволит решить задачу перераспределения нагрузки на сеть за счёт выбора сортировочных станций для вагонов, поступающих с промежуточных станций участков сети. Оптимизация распределения вагонопотока с промежуточных станций участков сети  $u_{ij} \in U$  на сортировочные достигается путём пропорционального деления нагрузки в соответствии с вектором резервов пропускной способности смежных сортировочных станций. Для определения элементов вектора резервов сортировочных станций  $RSS = \|rss_i\|$ ,  $i \in N$  используются результаты, полученные на модели IM\_JST по определению пропускной способности станций. Элементы  $RSS$  вычисляются по формуле  $rss_i = \frac{PRP_i}{PRP_i + \sum_j PRP_j}$ , где  $PRP_j$  и  $PRP_i$  - пропускные способности  $j$ -ой и  $i$ -ой сортировочных станций соответственно для всех  $j$  таких, что  $u_{ij} \in U$ .

*Второй способ.* Для оценки варианта организации обслуживания транспортного потока используется комплексный показатель  $F_{JS} = (\|t_{ij}^*\|, \|q_{ij}^*\|, \|l_{ij}^*\|, \|pr_{ij}^*\|, i, j = \overline{1, N})$ . Нормирование элементов матриц показателя  $F_{JS}$  их максимальным значением позволяет выделить среди исследуемых направлений лучшее в смысле времени доставки, стоимости, расстояния и пропускной способности. При этом среди показателей времени, стоимости и расстояния выбираются направления с минимальными нормированными значениями, а пропускные способности анализируются с целью определения максимума. Рассмотрение комплексного показателя для различных сочетаний пунктов отправления и назначения:

$$f_{ij}^* = \delta_1 \cdot t_{ij}^* + \delta_2 \cdot q_{ij}^* + \delta_3 \cdot l_{ij}^*, \text{ где } t_{ij}^* = \frac{t_{ij}}{\max_{ij} t_{ij}}, \quad q_{ij}^* = \frac{q_{ij}}{\max_{ij} q_{ij}}, \quad l_{ij}^* = \frac{l_{ij}}{\max_{ij} l_{ij}}, \quad 0 \leq \delta_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^3 \delta_i = 1,$$

$\delta_i$  -коэффициенты важности откликов, позволит сравнить пути перемещения между собой и упорядочить их по эффективности. Интегральной оценкой варианта функционирования се-

ти является пара значений  $(PRP^*, F^*)$ , где  $F^* = \sum_{ij} f_{ij}^*$ ,  $PRP^* = \sum_{ij} prp_{ij}^*$ ,  $pr_{ij}^* = \frac{\overline{pr_{ij}}}{\max_{ij} pr_{ij}}$ . Она

отражает реализуемую пропускную способность сети и эффективность организации варианта ЖС с учётом выбранных предпочтений. Резервы пропускной способности сети могут быть выявлены путём изменения ПФС.

*Третий способ.* Для определения влияния организации транспортного потока на пропускную способность сети реализуется моделирование всей сети, при котором рассматриваются различные варианты сочетания параметров потоков. Путём изменения параметров функций распределения матрицы  $STR$  для установленного ПФС возможно рассмотрение различных стратегий обслуживания транспортных единиц на сортировочных станциях (отправительской и участковой). Интенсивность поступления составов каждого вида на обслуживание железнодорожной сетью ( $INT$ ) определяется реализуемой пропускной способностью станций отправления. Для того чтобы сеть функционировала ритмично необходимо чтобы интенсивность планируемых потоков не превышала пропускную способность участков, которая связана с плотностью потока поездов на участке. Плотность потока определяется числом поездов, приходящихся на единицу длины линии. Поэтому проведение моделирования для каждого участка ЖС с целью подбора параметров функций распределения матрицы  $INT$ , позволит определить оптимальный уровень плотности потока участков, обеспечивающий максимальную пропускную способность ЖС.

**Заключение.** Согласованная работа имитационных моделей IM\_JST и IM\_JS позволяет учесть при моделировании всей сети особенности функционирования различных сортировочных станций ЖС и адаптировать структуру интегрального транспортного потока на сеть с учётом этих особенностей. Выявленные при этом резервы пропускной и перерабатывающей способности ЖС позволят оценить возможную провозную способность сети, то есть тот максимальный груз, который может быть провезён по элементам сети в единицу времени, что позволит составить рациональный план перевозок и оценить возможную прибыль.

**Резюме.** Рассматриваются способы определения резервов пропускной способности железнодорожной сети с использованием имитационного моделирования.

**Abstract.** The ways of reserve definition of throughput railway system abilities using imitating modeling are considered

### Литература

1. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / под ред. П.С. Грунтова – М.: Транспорт, 1994 – 543 с.
2. Максимей, И. В. Автоматизация этапов разработки и эксплуатации имитационных моделей транспортных систем / И.В. Максимей, Е.И. Сукач, Е.А. Ерофеева, П.В. Гируц // Проблемы программирования. – 2008. – N4. – С. 104–111.
3. Задачи и модели исследования операций. Ч. 1. Аналитические модели исследования операций: Уч. пособие / И.В. Максимей, С.И. Жогаль, под общ. ред. И.В. Максимей. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 109 с.

УДК 658.012.011.56

## Библиотека формирования инвариантов рабочей нагрузки программно-технологического комплекса исследования ВП в МВС

О. М. Демиденко, С. Ф. Маслович, А. Б. Демуськов

### Введение

В данной работе сообщается о разработанной системе формирования инвариантов задач рабочей нагрузки (РН), поступающей на обработку в узлы МВС и ЛВС. Эта система является частью ПТКИ МВС, используемого при исследовании вычислительного процесса (ВП) в МВС и ЛВС.

В таблице 1 представлена состав и структура предлагаемой библиотеки «LIB. INVARIANT», реализующей функцию формирования инвариантов РН, используемых в дальнейшем для организации имитационных экспериментов по исследованию ВП в МВС и ЛВС. Библиотека состоит из модулей, каждый из которых реализует специальный функционал.

Таблица 1 – Структура программно-технологического комплекса исследований ВП в МВС

Название библиотеки	Состав программных модулей	
	Назначение	Обозначение
Формирование инвариантов задач РН для имитационных модулей (LIB. INVARIANT)	Анализ содержимого выходного информационного файла результатов мониторинга и формирование файла моделей задач диалогового и счетного типов узла МВС	RN_UZEL
	Графическое представление задач РН узла МВС	RN_UZEL_GRAPH
	Анализ содержимого выходного информационного файла результатов мониторинга и формирование файла моделей задач диалогового и счетного типов сети МВС	RN_NET
	Графическое представление задач РН сети МВС	RN_NET_GRAPH
	Анализ содержимого выходного информационного файла результатов мониторинга и формирование файла модели графа задачи распределенной обработки информации	RN_ROI
	Графическое представление задач РН РОИ	RN_ROI_GRAPH
	Анализ содержимого выходного информационного файла результатов мониторинга и формирование файла моделей кортежей МВС	RN_KORTEG
	Графическое представление кортежей задач РН МВС	RN_KORTEG_GRAPH

### 1 Состав и структура библиотеки «LIB.INVARIANT»

Библиотека «LIB.INVARIANT» состоит из восьми модулей. Все модули были разработаны на языке программирования Object Pascal в визуальной среде программирования Bor-

land Delphi 7. Модуль «RN\_UZEL» анализирует содержимое выходного информационного файла результатов мониторинга и формирует результирующий файл моделей задач диалогового и счетного типов для узла МВС. На рисунке 1 приведена блок-схема алгоритма формирования инвариантов задач РН, реализуемого следующей последовательностью шагов.

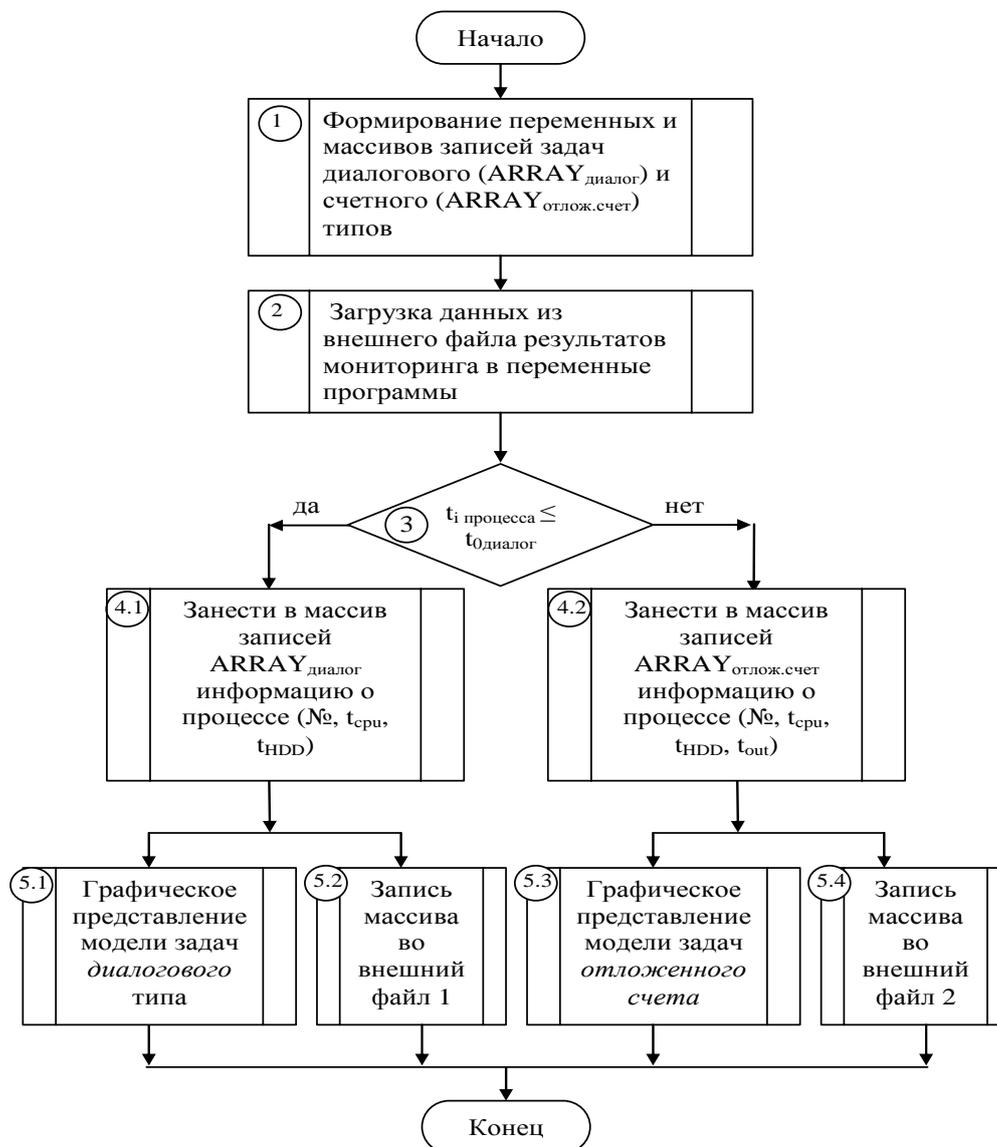


Рисунок 1 – Схема алгоритма формирования инвариантов задач РН

На *шаге 1* алгоритма объявляются массивы записей для задач диалогового типа и для задач отложенного счета.

*Шаг 2* осуществляет загрузку данных из содержимого результирующих файлов программ мониторинга. В зависимости от типа загружаемого файла (xml, dbf, txt, csv, tsv) вызывается соответствующая процедура анализа его содержимого и дальнейшей проверки преобразованных данных на принадлежность к определенному типу задач РН.

На *шаге 3* проверяется тип задачи РН (диалог или отложенный счет) согласно условию:

$$t_{i \text{ процесса}} \leq t_{0 \text{ диалог}}, \text{ где } t_{i \text{ процесса}}, \quad (1)$$

где  $t_{i \text{ процесса}}$  – время существования процесса  $i$ ;  $t_{0 \text{ диалог}}$  – параметр, задающий верхнюю границу длительности выполнения задач диалогового типа. В случае истинности условия (1)  $i$  – я задача относится к диалоговому типу и происходит переход к *шагу 4.1*, в противном случае осуществляется переход к *шагу 4.2*.

*Шаг 4.1* формирует массив записей информацией о задачах диалогового типа

( $ARRAY_{\text{диалог}}$ ), шаг 4.2 формируется информация о структуре задач отложенного счета ( $ARRAY_{\text{отлож.счет}}$ ). Эти шаги являются идентичными с точки зрения способов их формирования и отличаются структурой моделей формируемых задач.

На шагах 5.1 и 5.3 возможно графическое представление моделей задач диалогового и счетного типов соответственно. Эти шаги не являются обязательными при формировании инвариантов задач РН, однако представляют собой удобный способ пользовательского анализа. На шагах 5.2 и 5.4 производится запись данных из массивов  $ARRAY_{\text{диалог}}$  и  $ARRAY_{\text{отлож.счет}}$  во внешние файлы dialog и calc.

Модуль «RN\_UZEL\_GRAPH» обеспечивает графическое представление моделей задач РН узла МВС и необходим для визуального отображения задач РН при анализе состава задач исследователем.

Модуль «RN\_NET» анализирует содержимое выходного информационного файла результатов мониторинга и формирует результирующий файл моделей задач диалогового и отложенного счета для имитационной модели (ИМ) сети МВС. Этот модуль аналогичен модулю «RN\_UZEL», за исключением состава параметров и структуры выходной информации.

Модуль «RN\_NET\_GRAPH» реализует функции графического представления моделей задач РН сети МВС.

Анализ содержимого выходного информационного файла результатов мониторинга и формирование файла модели графа задачи распределенной обработки информации (РОИ) осуществляется модулем «RN\_ROI». Структура задачи РОИ представляет собой вероятностный сетевой график (ВСПР) реализации процесса. В результате формируется матрица смежности, описывающая структуру этого сетевого графика.

На шаге 1 формируются необходимые массивы записей для хранения и дальнейшей обработки информации о характеристиках процессов, загружаемых из внешних файлов на следующем шаге (шаг2), сформированных модулями библиотеки «LIB.SITEMON». Шаг 3 необходим для подготовки полученных данных для анализа результатов имитации. На шаге 4 данные о процессах (номер, время начала, время окончания) записываются в во временной массив  $ARRAY_{\text{times}}$  в порядке, сформированном на предыдущем шаге 3. Шаг 5 готовит информацию для первого шага к циклу по массиву  $ARRAY_{\text{times}}$  для формирования массива записей подзадач задачи РОИ ( $ARRAY_{\text{счетРОИ}}$ ). Дальнейшие шаги 6–11 представляют собой процесс формирования массива  $ARRAY_{\text{счетРОИ}}$ . После окончания цикла анализа, на шаге 13, формируется матрица смежности ( $M_{\text{ROI}}$ ) из массива  $ARRAY_{\text{счетРОИ}}$ . На шаге 14 с помощью модуля «RN\_ROI\_GRAPH» формируется графическое представление задачи РОИ. На шаге 15 формируется внешний файл, содержащий матрицу смежности с информацией о составе подзадач РОИ. Полученный файл в дальнейшем может быть использован программой моделирования для имитации задачи РОИ.

Анализ содержимого выходного информационного файла результатов мониторинга и формирование файла моделей кортежей МВС осуществляется модулем «RN\_KORTEG». При изучении динамики развития процессов можно наблюдать, что у некоторых процессов имеются «перекрытия» во время их выполнения. Данные перекрытия означают, что ресурсы узла совместно используются более чем одним процессом. Следовательно, эти процессы связаны между собой и это означает, что они зависимы друг от друга и существует информационная зависимость.

Формирование инвариантов РН во времени выполнения процессов ( $t_{\text{proci}}$ ) основывается на разности времени его окончания ( $t_{\text{endproci}}$ ) и времени его начала ( $t_{\text{startproci}}$ ). Соответственно время выполнения  $i$ -го «кортежа» ( $t_{\text{kopri}}$ ) равно разности времени окончания самого позднего  $m$ -го процесса ( $t_{\text{startprocm}}$ ), принадлежащего данному «кортежу» и временем самого раннего  $l$ -го процесса ( $t_{\text{startprocl}}$ ) из этого «кортежа». Процессам  $p_1$  и  $p_2$ , у которых имеет место перекрытие времен использования ресурсов и интервалов их реализации  $\tau_{p1j}$  на узле присваивается признак «связности» ( $\pi_{p1p2...pm}$ ). «Кортежи» процессов снабжаются списками (SPKOR). Структура списка SPKOR стандартизована:

$$SPKOR_k = \{ \text{idk}; \text{isp}; (p_1, \tau_{p1j}), (p_2, \tau_{p2lj}), \dots, (p_l, \tau_{pmlj}) \}, \quad (2)$$

где  $idk$  – идентификатор «кортежа»;  $lsp$  – текущая длина списка;  $(p_i, \tau_{pij})$  – список номеров процессов  $p_i$ , входящих в список, и интервалов использования им  $l_j$ -го ресурса по заказам  $i$ -го процесса. Все процессы, входящие в один «кортеж», реализуются на одном и том же узле МВС и используют одни и те же номера ресурсов ( $l_j$ ). Допускается, что «кортежи» процессов считаются независимыми между собой и поэтому могут реализовываться в любом порядке, а в случае пересылки и на других узлах МВС. Можно выделить следующие типы «кортежей»: «кортежу» содержит только один процесс (рисунок 2 (а)); «кортеж» содержит все процессы узла (рисунок 2 (б)); «кортеж» содержит часть процессов узла (рисунок 2 (с)). Деление на типы позволяет любой процесс обработки информации отождествить с понятием «кортежа».

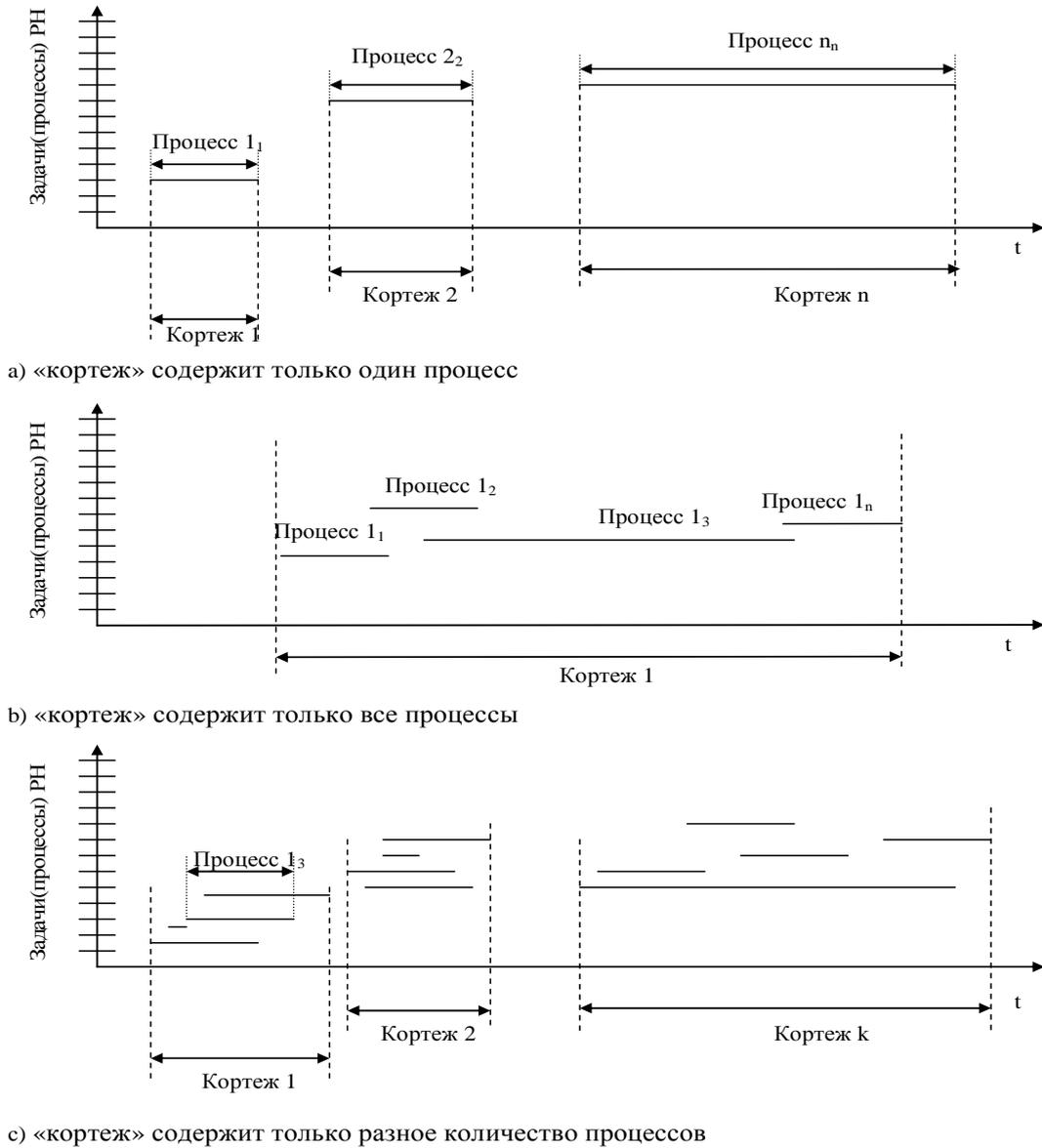


Рисунок 2 – Типы кортежей

Реализацию ВП в ЛВС или МВС можно представить набором множеств списков «кортежей» процессов  $\{SPKOR\}$ . Поэтому если результаты измерений в ходе натуральных экспериментов на ВС, то они обрабатываются таким образом, чтобы получить множества инвариантов «кортежей» процессов. Для «запитки» кортежей на входе в ИМ в структуру кортежей добавляется указатель типа процесса  $type=\{dial; pak\}$  (диалоговый или отложенного счета), поэтому «кортеж» имеет более сложную структуру:

$$SPKOR_k = \{idk; lsp; (p_1, type, \tau_{p1lj}), (p_2, type, \tau_{p2lj}), \dots, (p_l, type, \tau_{plmj})\} \quad (3)$$

Для ИМ «Сеть МВС» структура «кортежей» (3) дополняется типом процесса. Однако, интервалы использования  $l_j$ -го ресурса по заказам  $i$ -го процесса объединяются в одно значе-

ние ( $\tau_{pj}$  – время выполнения  $j$ -го процесса). поскольку при наличии пересылок кортежей между узлами сети, то к «кортежу» добавляется еще одно поле указатель объема информации ( $v_k$ ), тогда «кортеж» принимает следующий вид:

$$SPKOR_k = \{idk; lsp; (p_1, type, \tau_{p1}), (p_2, type, \tau_{p2}), \dots, (p_m, type, \tau_{pm}), v_k\} \quad (4)$$

Для ИМ «Сеть МВС с репликацией» структура «кортежей» (4) включает в себя описатель (3) с введением дополнительного поля  $v_k$  – объем «кортежа». Поэтому структура «кортежа» для данной ИМ имеет вид:

$$SPKOR_k = \{idk; lsp; (p_1, \tau_{p1lj}), (p_2, \tau_{p2lj}), \dots, (p_m, \tau_{pmlj}), v_k\} \quad (5)$$

Структуры «кортежей» (3) – (5) близки к первоначальной структуре (2). Алгоритма модуля «RN\_KORTEG» реализуется следующей последовательностью шагов. На *шаге 1* формируются необходимые массивы записей для хранения и дальнейшей обработки информации о характеристиках процессов и кортежей, загружаемых из внешних файлов. На *шаге 2* осуществляется загрузка данных из внешних файлов системы мониторинга. *Шаг 3* подготавливает первый шаг к циклу по массивам  $ARRAY_{\text{диалог}}$  и  $ARRAY_{\text{отлож.счет}}$  для формирования массива записей ( $ARRAY_{\text{кортеж}}$ ). На *шаге 4* проверяется ситуация — имел место выход из цикла обработки информации. *Шаг 5* означает условие выделения типов задач (диалоговые или отложенный счет). Запись задач диалогового типа в массив  $ARRAY_{\text{диалог}}$  реализуется на *шаге 6*. На *шаге 7* проверяется условие формирования кортежей задач отложенного счета. Отношение очередной задачи к одному и тому же кортежу реализуется по транзитивному принципу благодаря наличию информации о временах начала и окончания выполнения задач отложенного счета. На *шаге 8* увеличивается количество кортежей. Добавление задач отложенного счета в кортеж происходит на *шаге 9*. *Шаг 10* осуществляет увеличение индексов в массивах задач. На *шаге 11.1* и *11.2* формируется графическое представление задач и запись их во внешний файл соответственно. *Шаги 12.1* и *12.2* предназначены для реализации действий аналогичных шагам 11.1 и 11.2, и осуществляются при формировании «кортежей» задач отложенного счета.

### Заключение

Таким образом, представленная в данной статье система формирования инвариантов задач РН, поступающей на обработку РН в узлы МВС и ЛВС, позволяет автоматизировать процесс создания инвариантов. Являясь составной частью ПТКИ МВС, средства библиотеки «LIB. INVARIANT» автоматизируют работу для исследователей ВП в МВС и ЛВС при подготовке исходной информации для имитации ВП в этих системах.

**Резюме.** В статье рассматривается библиотека формирования инвариантов задач рабочей нагрузки, поступающей на обработку в узлы многопроцессорной вычислительной системы (МВС) и локальной вычислительной сети (ЛВС). Эта библиотека является частью программно-технологического комплекса имитации МВС, используемого при исследовании вычислительного процесса в МВС и ЛВС.

**Abstract.** The library of working loading problem invariants formation arriving on processing in the multiprocessing computing system (MCS) and local computer network (LCN) knots is considered in the article. This library is a part of a programme technological complex of MCS imitation used at research of computing process in MCS and LCN.

### Литература

1. Маслович, С.Ф. Имитация динамики взаимодействия оборудования многопроцессорной вычислительной системы с моделями рабочей нагрузки / С.Ф. Маслович. – "Известия ГГУ им. Ф. Скорины №5(50)". – Гомель: ГГУ им. Скорины, 2008 – с. 54–56.

## Состав и структура подсистемы проведения имитационных экспериментов программно-технологического комплекса имитации для исследования ВП в МВС

В. Д. Левчук, С. Ф. Маслович, В. В. Старченко

### Введение

Для исследования вычислительного процесса (ВП) в МВС был разработан программно-технологический комплекс исследований (ПТКИ МВС), использующий базовое программное обеспечение (ПО): монитор измерения производительности Windows; система автоматизации имитационного моделирования MICIC4 [1]; набор процедур обработки данных в среде MS Excel. ПТКИ МВС состоит из следующих блоков: «подготовки данных», «моделирования», «обработки результатов моделирования и принятие решения». В таблице 1 представлена состав и структура ПТКИ МВС. Каждый блок использует библиотеку, содержащую программные модули выполняющие специфические функции по организации процесса исследования ВП в МВС.

Таблица 1 – Структура программно-технологического комплекса исследований ВП в МВС

Блок	Используемое базовое программное обеспечение	Библиотеки	
		Описание библиотеки	Название библиотеки
Получение и подготовка данных для моделирования	Монитор производительности и стабильности Windows	Мониторинг ВП в МВС с целью получения исходных данных для построения моделей РН	LIB. SITEMON
		Формирование моделей РН ВП в МВС	LIB. INVARIANT
Моделирование	СМ MICIC4	Моделирование узла МВС	LIB.UZEL
		Моделирование сети МВС	LIB.NET
		Моделирование сети МВС с РОИ	LIB.ROI
		Моделирование сети с МВС репликацией	LIB.NETREPL
Обработка результатов и принятие решений	MS Excel	Обработка результатов моделирования	LIB.REZ
		Принятие решений	LIB.SOL

Блок «Моделирование» создан с помощью базовой системы моделирования (СМ) MICIC4 и организует имитационное моделирование ВП в МВС. Он компонуется на основе четырех библиотек имитационных моделей (ИМ): «LIB.UZEL» (для разработки ИМ «Узел МВС»), «LIB.NET» (для формирования ИМ «Сеть МВС»), «LIB.ROI» (для построения ИМ «МВС с РОИ»), «LIB.NETREPL» (для формирования ИМ «Сеть МВС с репликацией»). Каждая из этих библиотек состоит из множества программных модулей, являющихся заготовками

ми для формирования ИМ. Помимо модулей организации имитации, каждая из перечисленных библиотек включает модули анализа результатов моделирования, позволяющие разработчику верифицировать и проверять адекватность создаваемой ИМ. Все библиотеки этого блока являются открытыми и доступны для изменений.

## 1 Состав и структура библиотеки имитационного моделирования ВП в узле МВС «LIB.UZEL»

Библиотека «**LIB.UZEL**» используется для постановки имитационных экспериментов ВП многопроцессорного узла ЛВС. Она состоит из набора модулей, каждый из которых реализует уникальную функцию. Модули библиотеки реализованы в среде СМ MICIC 4, за счет расширения базовых объектов этой СМ. Каждый из модулей представляет собой активность, содержащую алгоритм, имитирующий работу физического или программного устройств многопроцессорного узла ЛВС. Обработка всех запросов реализована на основе принципа поквантового выделения им ресурсов.

Модули «*GEN\_DIAL*», «*GEN\_OTL*» и «*GEN\_ROI*» предназначены для имитации создания различных типов запросов на ресурсы устройств узла: диалоговых, отложенного счета и распределенной обработки. Интенсивности поступления этих запросов ( $\lambda_{\text{диалог}}$ ,  $\lambda_{\text{отл.счет}}$ ,  $\lambda_{\text{рой}}$ ) могут изменяться исследователем. Модуль «*GEN\_DIAL*» формирует один или несколько запросов на ресурсы CPU<sub>i</sub> и HDD<sub>i</sub> узла. Причем, запросы могут подаваться либо из внешнего файла, или формироваться непосредственно в среде СМ MICIC4. «*GEN\_OTL*» и «*GEN\_ROI*» формируют запросы только на основании данных, хранящихся во внешних файлах, и представляют собой длительные требования на ресурсы устройств узла. Состав и структура этих запросов остаются неизменными и представляют собой временные диаграммы {ВД<sub>i</sub>} использования ресурсов CPU<sub>i</sub> и HDD<sub>i</sub>, преобразованных в квантовое представление. Причем запросы диалогового типа имеют больший приоритет по сравнению с запросами последних двух типов. Для предотвращения ситуации монопольного захвата ресурсов узла диалоговых задач в модуле «*GEN\_DIAL*» имитируется задержка поступления очередного запроса на один или несколько квантов. В случае программного формирования запросов диалогового типа в узле этот модуль функционирует до тех пор, пока в системе находятся запросы отложенного счета или распределенного типа.

Модули «*QUEUE\_DIAL*», «*QUEUE\_OTL*», «*QUEUE\_ROI*», «*QUEUE\_HDD*», «*QUEUE\_IO*» имитируют обслуживание очередей соответственно к устройствам CPU<sub>i</sub> и HDD<sub>i</sub> узла МВС. Исходя из того предположения, что все задачи отложенного счета и задачи РОИ должны быть обработаны, очереди могут содержать неограниченное количество запросов.

Модули «*SERVER\_CPU*» «*SERVER\_HDD*» реализуют алгоритмы имитации обработки запросов на *i*-ых устройствах CPU и HDD узла МВС. Запросы всех трех типов, поступающие в узел МВС для обработки, представляются набором квантов по использованию устройств его ресурсов (CPU<sub>i</sub> и HDD<sub>i</sub>). Поэтому эти запросы можно представить последовательностью циклов использования (CPU–HDD), с различным количеством квантов использования CPU и HDD в каждом цикле. Модуль «*SERVER\_IO*» имитирует функции устройства связанного с вводом/выводом данных (на экран, печать и т.п.). Время вывода данных  $\tau_{\text{IO}}$  также задается исследователем. Данный модуль реализует имитирует запроса задач различных типов на время  $\tau_{\text{IO}}$ .

Модуль «*OUTSIDE*» уничтожает запросы, у которых закончилась имитация циклов CPU-HDD. По умолчанию СМ MICIC4 реализует широко известный алгоритм FIFO обслуживания очередей.

В модуле «*DISP*» реализуются алгоритмы имитаций стратегий выбора поступающих на устройства CPU и HDD запросов.

Модули «*STAT*» и «*OTKL*» фиксируют статистики и отклики ИМ узла МВС. Функции этих модулей расширяют существующие в СМ MICIC 4 функции получения статистической информации. Вызов этих функций осуществляется в активностях устройств.

В модуле «*TRACE*» формируются трассы реализации имитационного эксперимента. Полученная с помощью этого модуля информация также сохраняется во внешний файл и в дальнейшем может быть использована, например, для верификации создаваемой ИМ.

Модуль «*ANALIZ\_TRACE*» анализирует содержание файла трассы, созданного модулем «*TRACE*». В нем реализованы функции анализа графического представления трассы ИМ. С помощью этого модуля можно проследить динамику взаимодействия запросов, поступающих на узел МВС.

## 2 Состав и структура библиотеки имитационного моделирования ВП в сети МВС «*LIB.NET*»

Библиотека «*LIB.NET*» используется при постановке имитационных экспериментов ВП в сети МВС и состоит из программных модулей, реализующих алгоритмы аппаратной и программной составляющей ИМ сети МВС. Алгоритмы их функционирования во многом схожи с алгоритмами многими модулями предыдущей библиотеки. Модули «*GEN\_DIAL<sub>i</sub>*», «*GEN\_OTL<sub>i</sub>*» формируют запросы различных типов на ресурсы узлов сети МВС. В отличие от модулей предыдущей библиотеки, они создают запросы, содержащие набор временных диаграмм {ВД<sub>*i*</sub>} использования ресурсов узлов UZ<sub>*i*</sub>. В модуле «*QUEUE\_OTL*» реализован алгоритм организации абсолютного приоритета диалоговых запросов перед другими типами запросов. Имитация обработки запросов на вычислительном устройстве (ВУ<sub>*i*</sub>) *i*-го узла сети МВС реализована в модуле «*SERVER\_UZ<sub>i</sub>*». Запрос, поступивший на ВУ<sub>*i*</sub>, задерживается на нем на необходимое этому запросу время  $\tau_{calc}$ . В случае поступления в очередь к ВУ запроса с абсолютным приоритетом обработка запроса (отложенного счета или РОИ) прерывается. В его тело записывается остаток времени, необходимого для дообслуживания, и он возвращается в очередь к этому же ВУ<sub>*i*</sub>. После обслуживания ВУ<sub>*i*</sub> диалогового запроса прерванный им запрос другого типа возвращается на дообслуживание. Причем такая ситуация может повторяться с одним и тем же запросом. Модуль «*NETOS*» имитирует дисциплины выбора запросов из очередей для перенаправления их на различные узлы сети МВС. В нем учитывается скорость меж узловых обменов. Модуль «*NET*» имитирует алгоритм работы коммутатора сети. Запрос задерживается на нем на время  $t_{NET} = v_k / v_{NET}$ , где  $v_k$  и  $v_{NET}$  объем запроса и пропускная способность сети МВС соответственно. Модули «*STAT*», «*OTKL*», «*TRACE*», «*OUTSIDE*», «*ANALIZ\_TRACE*» по функционированию аналогичны модулям предыдущей библиотеки. При запуске ИМ УПМ создает и инициализирует объекты моделирования: узлы, сетевое устройство, генераторы запросов, устройства. При активизации генераторов-имитаторов запросов различных типов реализуется параллельное формирование запросов диалогового типа DIAL<sub>*i*</sub> (*шаг 1*) и отложенного счета OTL<sub>*i*</sub> (*шаг 2*). Эти операции реализуются параллельно на всех узлах сети МВС. После формирования запросов, в конце модулей «*GEN\_DIAL<sub>i</sub>*» и «*GEN\_OTL<sub>i</sub>*», производится вызов функций блока S, содержащего модули: сбора статистики «*STAT*» (S1) и формирования трассы «*TRACE*» (S2). Затем запросы поступают в свои очереди к устройствам UZ узла (*шаг 3* и *шаг 4*). Если в очереди находится запрос диалогового типа и на UZ нет иных диалоговых запросов, то он поступает на обработку на UZ (*шаг 13*), иначе ожидает возможности активизации. После обработки на UZ запрос DIAL<sub>*i*</sub> уничтожается (*OUTSIDE*) проверяется наличие в системе запросов отложенного счета (*шаг 17*). Если таковых не имеется, генератор диалоговых запросов останавливается и формируются соответствующие отклики имитации (*шаг 18*), и моделирование завершается. В противном случае происходит опять обращение к модулю «*GEN\_DIAL<sub>i</sub>*» узла. На *шаге 7* проверяется наличие прерывания. При этом осуществляется обработка запроса модулем «*NETOS*» (*шаг 8*), который обращается к библиотеке алгоритмов выбора запросов (*шаг 9*). На *шаге 10* реализуется проверка необходимости пересылки запроса отложенного счета на другие узлы сети МВС. Если условие истинно, то запрос отправляется на сетевое устройство, которое перенаправляет его (*шаг 11*) на другой узел сети. В случае, когда пересылки нет, запрос отправляется на UZ собственного узла для обработки (*шаг 12*). Если условие *шага 6* истинно, то выполнение запроса прерывается и в его тело перезаписывается информация об

остатке времени, необходимого для дообслуживания  $t_{\text{дообр}ij} = t_{\text{обр}ij} - t_{\text{тек\_обр}ij}$ , где  $t_{\text{дообр}ij}$ ,  $t_{\text{обр}ij}$  и  $t_{\text{тек\_обр}ij}$  – времена дообслуживания, первоначальное время обслуживания, время, уже обслуженное устройством соответственно (шаг 15). На шаге 16 проверяется условие остатка времени дообслуживания. Если оно равно нулю, то запрос уничтожается из модели (шаг 14). В противном случае отправляется в очередь (модуль «*QUEUE\_OTL<sub>i</sub>*») с присвоением более высокого приоритета перед другими запросами отложенного счета, а диалоговый запрос занимает его место обслуживания на устройстве UZ (шаг 13). Если в очереди *QUEUE\_OTL* находится ранее прерванный запрос (условие шага 7 истинно), то он сразу отправляется на обработку на устройство UZ (шаг 12) и на другие узлы сети МВС не направляется. Данный факт объясняется тем, что узел, на котором ранее обрабатывался прерванный запрос, хранит промежуточные данные, которые не пересылаются на другие узлы. После каждой операции по обработке запросов вызываются модули блока S, который реализуют функции сбора статистик имитации и формирование трассы работы ИМ.

### 3 Состав и структура библиотеки имитационного моделирования ВП в сети МВС с распределенной обработкой информации «*LIB.ROI*»

Библиотека «*LIB.ROI*» организует постановку ИЭ с ВП в сети МВС, в которой присутствуют запросы РОИ [2]. Модель состоит из набора модулей, реализующих определенную функцию. Из-за случайного характера времен счета запросов РОИ реализуется метод Монте-Карло. Он требует множественных прогонов ИМ с вычислением характеристик для каждой 1-ой реализации сетевого графика задачи РОИ.

Модули «*GEN\_DIAL<sub>i</sub>*», «*GEN\_OTL<sub>i</sub>*», «*GEN\_ROI<sub>i</sub>*», «*QUEUE\_DIAL<sub>i</sub>*», «*QUEUE\_OTL<sub>i</sub>*», «*QUEUE\_ROI<sub>i</sub>*», «*SERVER\_UZ<sub>i</sub>*», «*NET*», «*STAT*», «*OTKL*», «*TRACE*», «*OUTSIDE*» по функционированию аналогичны модулям предыдущих библиотек.

Модуль «*GR\_CONTROL*» выполняет функцию контроля последовательности формирования запросов на ресурсы сети МВС согласно структуре распределенной задачи, имеющей вид сетевого графика. Функции этого модуля вызываются вначале моделирования (в модуле «*GEN\_ROI<sub>i</sub>*») и каждый раз, когда заканчивается обслуживание одного из запросов задачи РОИ. Алгоритм модуля «*GR\_CONTROL*» реализуется последовательностью следующих шагов. На шаге 1 имитируется отправка запросов на ресурсы сети МВС, которые отражают все дуги графа, исходящие из начальной вершины. После обработки  $j$ -го запроса (шаг 2) проверяется ситуация по обработке запросов входящих в  $K$ -ю вершину (шаг 3). Если это условие не выполняется, то происходит дальнейшее ожидание обработки очередного запроса. В противном случае проверяется условие, что  $K$ -я вершина последняя в графе задачи (шаг 4). Если условие истинно, то модуль заканчивает свою работу. Иначе, из  $K$ -ой вершины отправляются запросы на обработку на устройства сети МВС. Модуль «*STATROI*» подсчитывает характеристики обработки запросов РОИ. При отправке запроса на обработку на узел фиксируется время его отправки ( $t_{\text{отпр}}$ ), а при окончании – время его окончания ( $t_{\text{окон}}$ ). Разница между ними составляет фактическое время реализации  $j$ -го запроса ( $t_{\text{реализ}}$ ). По окончании очередного прогона ИМ эти данные используются модулем «*OTKLROI*» для расчета параметров сетевого графика. По окончанию моделирования модулем «*OTKLROI*» определяются усредненные характеристики: времена выполнения запросов задачи РОИ и критические времена сетевого графика.

### 4 Состав и структура библиотеки имитационного моделирования ВП в сети МВС с репликацией «*LIB.NETREPL*»

Библиотека «*LIB.NETREPL*» обеспечивает постановку ИЭ ВП в ИМ сети МВС с репликацией данных. Особенностью рассматриваемой библиотеки является иерархическая организация представления устройств сети (УЗЕЛ→УСТРОЙСТВА УЗЛА), а также отображение запросов, поступающих для обработки, в виде кортежей. Алгоритмы функционирования модулей этой библиотеки во многом схожи с алгоритмами модулей библиотеки «*LIB.NET*». Отличительные особенности функционирования некоторых модулей состоят в следующем.

Модуль «*GEN\_KORT*» формирует кортежи запросов отложенного счета, поступающих в узлы сети МВС с частотой  $\lambda_{\text{KORT}_i}$ . В модуле «*SERVER\_CPU*» по окончании обработки кортежей запросов отложенного счета происходит формирование результатов их счета ( $Z_{\text{REZ}}$ ), которые в дальнейшем дублируются в базах данных всех узлов сети МВС путем их рассылки. Модули «*QUEUE\_CPU\_REZ*», «*QUEUE\_HDD\_REZ*», «*QUEUE\_NET\_REZ*» имитируют очереди запросов результатов ( $Z_{\text{REZ}}$ ) к устройствам CPU, HDD, NET соответственно. Имитация дисциплины выбора запросов из очередей для обработки их на узлах  $UZ_i$  сети реализуется модулем «*DISP*». Особенностью алгоритма является анализ значений времен выполнения кортежей запросов ( $\tau_{\text{KORT}_j}$ ) и принятие решения по их пересылке на другие узлы сети МВС. При поступлении очередного кортежа в узел сети МВС в этом модуле анализируются ситуация загрузки устройств узла сети (CPU, HDD) и загрузки сетевого устройства. Модули «*QUEUE\_NET\_KORT*» и «*QUEUE\_NET\_REZ*» имитируют создание очереди к сетевому устройству для запросов кортежей и результатов их счета соответственно. Модули «*OTKL*», «*TRACE*», «*OUTSIDE*» аналогичны модулям предыдущих библиотек. Из-за сложности структуры узла  $UZ$ , состоящей из набора устройств, а также наличия регулярных рассылок результатов счета кортежей по узлам сети МВС. Имитация иерархии сети осуществляется с использованием функции CM MICIC 4 Down(), активизирующей механизм обслуживания внутреннего устройства и направляющей запросы вниз по иерархии устройств сети ( $UZ \rightarrow \text{QUEUE\_CPU}$ ,  $UZ \rightarrow \text{CPU}$ ,  $UZ \rightarrow \text{QUEUE\_HDD}$ ,  $UZ \rightarrow \text{HDD}$ ). Технология использования ИМ «Сеть МВС с репликацией» аналогична технологии использования ИМ «Сеть МВС».

### Заключение

Таким образом, рассмотренная авторами подсистема проведения имитационных экспериментов ПТКИ МВС автоматизирует создание и эксплуатацию ИМ как различных типов структур вычислительных систем (МВС и ЛВС), так и различных типов рабочей нагрузки.

**Резюме.** В статье рассматриваются библиотеки обеспечения процесса имитационного моделирования вычислительного процесса многопроцессорной вычислительной системы (МВС) и локальной вычислительной сети (ЛВС). Каждая из этих библиотек состоит из множества программных модулей, являющихся заготовками для формирования имитационных моделей. Помимо модулей организации имитации каждая из перечисленных библиотек включает модули анализа результатов моделирования, позволяющих разработчику верифицировать и проверять адекватность создаваемой имитационной модели.

**Abstract.** Imitating modeling the multiprocessing computing system (MCS) and the local computer network (LCN) computing process maintenance libraries are considered in the article. Each of these libraries consists of a set of program modules that are preparations for imitating model formation. Besides imitation organization modules each of the listed libraries includes modeling result analysis modules allowing the developer to verify and check created imitating model adequacy.

### Литература

1 Левчук, В. Д. Программно-технологические комплексы имитации сложных дискретных систем / В.Д. Левчук, И.В. Максимей. – Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины. – Гомель: ГГУ им. Скорины, 2006. – 263 с.

2 Максимей, И. В. Имитационная модель вычислительной системы с распределенной обработкой информации / С.Ф. Маслович, О.М. Демиденко, В.И. Селицкий // Третья международная научная конференция «Сетевые компьютерные технологии»: сб. тр. III Междунар. науч. конф., 17–19 окт. 2007 г., Минск / редкол.: М.К. Буза (отв. ред.), А.Н. Курбацкий [и др.]. – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – С. 67–72.

УДК 004.94: 656.21

## Особенности моделирования местной работы на станциях железнодорожной сети региона

М. В. БОРИСЕНКО

### Введение

При планировании и анализе местной работы железной дороги традиционно применяются математические модели для таких задач, как определение оптимального числа подач и уборок вагонов, оптимизация регулирования порожних вагонов и организация доставки вагонов с местным грузом от технических станций на промежуточные. Величина оборота вагонов нормируется аналитическими методами, основанными на использовании теории вероятности и теории массового обслуживания. Однако, в современных условиях недостаточно использования аналитических методов из-за неадекватности модели реальной ситуации, поэтому актуальна проблема разработки метода и создания средств исследования технологий местной работы на железнодорожной сети с помощью имитационного моделирования [2].

Моделирование местной работы на железнодорожной сети требует дополнительной постановки задачи, поскольку под местной работой на железнодорожных станциях и прилегающих участках, в узлах, на полигоне понимаются различные комплексы работ.

Организация местной работы на региональной железнодорожной сети может быть разбита на три комплексные задачи:

- грузовая работа на станции;
- развоз местного груза;
- ресурсообеспечение (порожними вагонами, локомотивами и др).

В рамках данной статьи представлено содержательное описание комплекса работ на станции с местными вагонопотоками.

### Содержательное описание объекта моделирования

При составлении содержательного описания системы были выделены следующие компоненты.

Динамические элементы, из которых состоят транспортные потоки, имеют сложную структуру. Наименьшей единицей транспортного потока для задачи примем вагон *VAG*, для идентификации которого достаточно следующего набора параметров: номер вагона, принадлежность, код груза, масса груза, назначение вагона. Динамические элементы массива *VAG* включают в себя описания следующих уровней сложности – группы вагонов *COR* (кортеж – группа вагонов, находящихся рядом в составе) и состава *SET\_COR*.

При этом используются следующие ресурсы системы:

- парк прибытия ПП, сортировочный парк СП, парк отправления ПО;
- маневровые локомотивы МЛ<sub>к</sub>;
- пункты местной работы ПМР<sub>г</sub>;
- подъездные пути ПодП<sub>г</sub>, сортировочные пути СП<sub>г</sub>;
- людские ресурсы (бригады ПТО, ПКО).

Все работы в системе выполняются поэтапно. На рисунке 1 приведен примерный график обслуживания вагонов местного назначения для случая применения сдвоенных операций.

Расформирование прибывших поездов заключается в сортировке и подборке групп вагонов по пунктам грузовой работы. Способы расформирования и формирования поездов те же, что и на сортировочных и участковых станциях. Но здесь их дополняют некоторыми

специфическими приемами маневровой работы, прежде всего направленными на сокращение повторной переработки вагонов VAG при подборке в группы COR, подлежащие подаче на пункты грузовой работы. Очередность подачи вагонов на пункты грузовой работы устанавливают так, чтобы обеспечить наименьший суммарный простой вагонов и минимальную затрату маневровых средств.

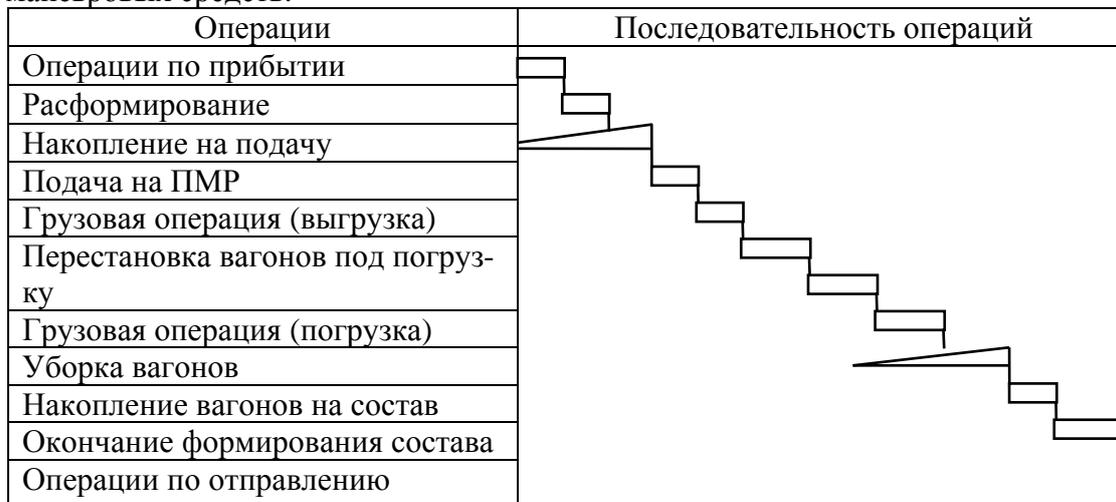


Рисунок 1 – Укрупненный технологический график обработки местных вагонов

Значительно ускоряет обработку вагонов также подформирование их в группы при уборке с пунктов погрузки и выгрузки. Чтобы убирать вагоны с мест погрузки по частям, на тупиковые пути сначала ставят вагоны, которые требуют большей затраты времени на грузовые операции, а на сквозные пути, впереди по ходу — вагоны с наименьшим временем выполнения грузовых операций. На станциях погрузки маршрутов эффективна предварительная подборка порожних вагонов в группы, подаваемые к погрузочным фронтам. При этом полезно учитывать последующую расстановку вагонов в составе, который будут из них формировать. Это позволяет после погрузки маршрута совместить уборку вагонов от фронтов с формированием, не затрачивая на последнюю операцию дополнительного времени. При уборке вагонов с грузовых фронтов и формировании поездов и передач стремятся также укрупнить отцепы по назначениям плана формирования сортировочной станции. Это дает возможность при расформировании поезда на ее горке вести роспуск с более высокой скоростью.

Для пунктов погрузки и выгрузки с большим объемом работы составляют специальные графики подачи-уборки вагонов, увязанные с расписанием отправления поездов, в которые включают эти вагоны.

Маневровый диспетчер руководит работой смены. В его обязанности входит: составление оперативных планов работы станции, включая планирование приема и отправления поездов; планирование маневровой работы, подач и уборок вагонов; организация выполнения планов поездной и маневровой работы, обеспечение своевременной подачи, расстановки и уборки вагонов на грузовых фронтах; выполнение технологических норм обработки поездов и вагонов; рациональное распределение работы и обеспечение равномерной загрузки маневровых районов и сортировочных устройств; согласование работы станции и подъездных путей, пунктов перевалки с учетом кооперированного использования технических средств.

Текущее планирование работы осуществляется по четырех-, шестичасовым периодам на основе информации о времени подхода и составе поездов и учёта вагонов, находящихся на станции. Информацию о грузе (его род и грузополучатель) в каждом вагоне передают на грузовые станции с сортировочной станции.

### Выбор показателей качества, отображающих цели моделирования

Исследование модели комплекса местной работы на станции заключается, прежде всего, в определении общего времени нахождения вагонов под местной работой при различных исходных данных и различных алгоритмах управленческих решений.

Алгоритм расчета времени нахождения вагонов под местной работой на станции следующий [1]:

$$t_{.m} = t_{тн} + t_x + T_{сп} + t_{ож}^n + t_{ож}^y, \quad (1)$$

где  $t_{тн}$  – сумма времени на выполнение всех технологических операций с местными вагонами от момента их прибытия до отправления, кроме операций, входящих в цикл подачи-уборки вагонов ( $t_x$ );  $t_{ож}^n$  и  $t_{ож}^y$  – простои в ожидании подачи на грузовой пункт из сортировочного парка и уборки с грузового пункта обратно.

Величины  $t_{тн}$  и  $t_x$  рассчитывают для каждого грузового пункта. Примерный перечень технологических операций, входящих в состав этих величин  $t_{тн}$  и  $t_x$ .

Технологические операции, составляющие  $t_{тн}$ :

- операции в ПП,
- расформирование состава;
- накопление вагонов в СП на поездной состав;
- формирование и выставка состава в ПО;
- операции отправления и простоя в ожидании отправления.

Суммарное значение  $t_{тн}$  на станциях составляет от 4 до 5,5 ч.

Перечислим технологические операции, составляющие  $t_x$ :

- получение распоряжения на работу;
- осмотр вагонов, снятие средств закрепления;
- подсортировка вагонов на путях СП по точкам подачи;
- подача вагонов к грузовым фронтам;
- осмотр вагонов, ранее поданных на грузовые операции снятие средств закрепления;
- замена вагонов и расстановка вновь поданных по пунктам выгрузки-погрузки;
- уборка вагонов в СП;
- простои у пересечения маневровых маршрутов;
- сортировка вагонов по путям СП и др.

Простой непосредственно под грузовыми операциями  $T_{гр}$  определяется технологическим процессом работы грузового пункта.

Простои в ожидании подачи и уборки, ч:

$$t_{ож}^n = \frac{24}{2x_n} = \frac{C_m}{x_n}; \quad t_{ож}^y = \frac{24}{x_n} - T_{сп}, \quad (2)$$

где  $C_m$  – параметр накопления местных вагонов на подачу, равный 10...12 ч;

$x_n$  – число подач-уборок вагонов для данного пункта.

Как видно из формул (1) и (2), сокращение простоя местных вагонов на станциях может быть осуществлено как за счет интенсификации технологических операций, составляющих  $t_{тн}$ ,  $t_x$  и  $T_{гр}$ , так и за счет увеличения числа подач и уборок вагонов на местные пункты. Однако увеличение числа подач и уборок вагонов влечёт увеличение затрат ресурса локомотивов, поэтому математическими методами находится оптимальное число подач-уборок.

Таким образом, для снижения простоя местных вагонов технология обработки их должна предусматривать:

- оперативное планирование погрузки по назначениям плана формирования – в результате сокращается простой вагонов под накоплением;
- организация оптимального числа подач и уборок вагонов, и наивыгоднейшая очередность подачи и уборки вагонов для каждого грузового пункта;
- рациональную последовательность, параллельность и продолжительность операций, применение двояных операций.

### Необходимые ограничения модели

Ввиду неравномерности в течение суток и недели интенсивности поставок местного вагонопотока (дневные и ночные смены, выходные дни) следует рассматривать различные режимы работы и режим должен вводиться как один из параметров системы.

Алгоритмы перестановки и подачи вагонов маневровыми локомотивами также многовариантны, зависят от количества и состава групп вагонов, от приоритетности, графика работы, количества и длины подъездных путей.

Представляется необходимым ввести ограничение: предположить, что график подачи составов с местными вагонами установлен и для конкретного состава *SET\_COR* возможно применение набора (конечного множества) альтернативных алгоритмов (определяемых методикой решения задач и настройками нормативно-справочной информации).

### Заключение

При составлении содержательного описания системы технологических процессов обслуживания местной работы в региональной железнодорожной сети были выделены три комплекса: грузовая работа на станции, развоз местного груза, ресурсообеспечение (порожними вагонами, локомотивами и др). Описаны компоненты системы, и выбраны показатели качества, отображающие цели моделирования. Предложен возможный список ограничений модели, при наличии которых имеет смысл имитация функционирования объекта моделирования.

**Резюме.** В статье рассматриваются проблемы имитационного моделирования системы сервиса транспортных потоков на станциях загрузки и разгрузки в региональной железнодорожной сети.

**Abstract.** The problems of imitating modeling service system of transport streams at loading and unloading stations in a regional railway system are considered in the article.

### Литература

1. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на ж. д. транспорте. /под ред. П. С. Грунтова – М.: Транспорт, 1994. – 543 с.
2. Максимей, И. В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И.В. Максимей. – М.: Радио и связь, 1983. – 230 с.
3. Задачи и модели исследования операций, Ч.3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: уч. пособие / И. В. Максимей [и др.] – Гомель: БелГУТ 1999. – 150 с.

УДК 531.36:62–50

## Оптимизация линейной системы в реальном времени по смешанному критерию качества

А. В. ЛУБОЧКИН

**Введение.** Как известно [1], математическая теория оптимальных процессов построена для достаточно общих моделей задач оптимального управления. При решении прикладных задач используются разнообразные частные типы этих задач. Конкретизация в большей степени зависит от особенностей оптимизируемых объектов, число которых очень велико и не поддается подсчету.

По-другому дело обстоит с критериями качества. Их количество весьма ограничено. В теории оптимального управления, кроме абстрактных критериев общего вида, существует ряд общепринятых специальных типов критерия качества, имеющих четкий физический смысл [2]: быстродействие, интенсивность, расход топлива, минимум энергии и т.д.

В данной работе предлагается конструктивный метод решения задачи оптимального управления со смешанным критерием качества, составленным из двух упомянутых критериев качества частного типа (быстродействие и минимум энергии). Такие задачи весьма актуальны и распространены на практике.

Упомянутая задача рассматривается в классе дискретных управлений. Тогда построение ее программного решения можно свести к решению задачи квадратичного программирования, которой эквивалентна исходная задача при фиксированной продолжительности процесса управления, если его дополнить оптимизацией по этой продолжительности. Последнюю можно осуществить направленным перебором (с выбранным тактом).

На основе этого решения строится метод реализации оптимальной обратной связи в режиме реального времени. Задачи подобного типа можно, следуя [3–5], использовать для стабилизации динамических систем.

**1. Постановка задачи.** Рассмотрим задачу оптимального управления со смешанным критерием качества:

$$J(t^*, u) = J(t^*, u | 0, x_0) = \alpha t^* + (1 - \alpha) \int_0^{t^*} u^2(t) dt \rightarrow \min_{t^*, u(\cdot)}, \quad (1)$$

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0, \quad (2)$$

$$Hx(t^*) = g, \quad (3)$$

$$|u(t)| \leq L, \quad t \in T(t^*) = [0, t^*], \quad (4)$$

где  $x = x(t) \in R^n$  — состояние объекта управления в момент времени  $t$ ;  $u = u(t) \in R$  — значение скалярного управляющего воздействия в этот же момент;  $x_0 \in R^n$  — начальное состояние;  $b \in R^n$ ,  $g \in R^m$ ,  $A \in R^{n \times n}$ ,  $H \in R^{m \times n}$  — постоянные векторы и матрицы, характеризующие свойства динамической системы, входного и выходного устройства,  $\text{rank } H = m \leq n$ ;  $\alpha \in ]0, 1[$  — заданный параметр;  $L$  — заданное число.

Задачу (1)–(4) можно рассматривать в различных классах управляющих воздействий. Традиционно в теории оптимального управления используется класс кусочно-непрерывных функций (как известно [6], предельным для задачи (1)–(4) является класс непрерывных, кусочно-гладких функций). Здесь задачу (1)–(4) будем рассматривать в классе дискретных функций (это связано, прежде всего, с применением вычислительных устройств дискретного действия, работающих с определенным тактом; при этом часто такое решение достаточно на практике).

Дискретным управляющим воздействием (с периодом квантования  $\nu > 0$ ) назовем кусочно-постоянную функцию вида:

$$u(t) = u(\tau_j) \equiv u_j, \quad t \in [\tau_j, \tau_j + \nu[, \quad \tau_j = j\nu, \quad j = 0, 1, \dots \quad (5)$$

Программным решением задачи (1)–(4) назовем пару  $\{t^*, u^0\}$ , состоящую из таких момента

$$t^* = t^*(0, x_0) \quad (6)$$

и функции (оптимальной программы)

$$u^0(t) = u^0(t | 0, x_0), \quad t \in T(t^*) = T(t^*(0, x_0)), \quad (7)$$

что: 1) функция (7) удовлетворяет геометрическому ограничению (4):  $|u^0(t)| \leq L$ ,  $t \in T(t^*)$ ; 2) соответствующая функции (7) траектория  $x^0(t) = x^0(t | 0, x_0)$ ,  $t \in T(t^*)$ , системы (2) в момент (6) удовлетворяет терминальному ограничению (3):  $Hx^0(t^*) = g$ ; 3) момент (6) и функция (7) доставляют минимум критерию качества (1); 4) на множестве  $T(t^*)$  управляющее воздействие (7) является дискретной функцией (5) с периодом квантования  $\nu$ .

Погрузим задачу (1)–(4) в семейство подобных задач

$$J_\tau(t^*, u) = J(t^*, u | \tau, z) = \alpha(t^* - \tau) + (1 - \alpha) \int_\tau^{t^*} u^2(t) dt \rightarrow \min_{t^*, u(\cdot)}, \quad (8)$$

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad x(\tau) = z, \quad Hx(t^*) = g, \quad |u(t)| \leq L, \quad t \in T_\tau(t^*) = [\tau, t^*],$$

зависящее от пары  $(\tau, z)$ ,  $\tau \in T(t^*)$  ( $0 \leq \tau < t^*$ ),  $z \in R^n$ , которую называют позицией в задаче (1)–(4). Пусть (при фиксированном  $\tau$ )  $X_\tau$  — множество всех векторов  $z$ , для которых задача (8) имеет программное решение (6), (7):  $t^*(\tau, z)$ ;  $u^0(t | \tau, z)$ ,  $t \in T_\tau(t^*)$ .

Функцию

$$u^0(\tau, z) = u^0(\tau | \tau, z), \quad z \in X_\tau, \quad \tau \in T(t^*) \quad (9)$$

назовем оптимальным управлением типа обратной связи в задаче (1)–(4).

Замкнем динамическую систему обратной связью (9) и рассмотрим ее поведение в условиях действия неизвестных кусочно-непрерывных возмущений  $w(\cdot)$ :

$$\dot{x} = Ax + bu^0(t, x) + w(t), \quad x(0) = x_0 \quad (w(t) \in R^n, \quad t \in T^0 = [0, t^0], \quad t^0 < t^*). \quad (10)$$

Рассмотрим конкретный процесс управления, в котором реализуется конкретное возмущение  $w^*(t)$ ,  $t \in T^0$ . Обозначим через  $x^*(t)$ ,  $t \geq 0$ , классическое решение уравнения (10) при  $w(t) = w^*(t)$ ,  $t \in T^0$  (реализующуюся траекторию динамической системы,  $x^*(0) = x_0$ ). Это решение является результатом действия на систему возмущения  $w^*(t)$ ,  $t \in T^0$ , и управления

$$u^*(t) = u^0(t, x^*(t)), \quad t \geq 0. \quad (11)$$

Функцию (11) называют реализацией оптимального управления типа обратной связи, соответствующей возмущению  $w^*(t)$ ,  $t \in T^0$ .

Целью работы является описание алгоритма работы регулятора — устройства, способного вычислять в режиме реального времени значения реализации (11) в конкретном процессе управления (в случае рассмотрения задач оптимального управления в классе дискретных функций (5)). Описываемый далее алгоритм основан на алгоритме из [7].

**2. Программное решение.** Согласно (9), для построения в режиме реального времени (в классе дискретных функций (5)) указанной реализации (11) оптимальной обратной связи достаточно знать в каждый момент  $\tau = k\nu$  ( $k = 0, 1, \dots$ ) программное решение задачи (8) для реализовавшейся позиции  $(\tau, z) = (k\nu, x^*(k\nu))$ .

Опишем сначала алгоритм построения программного решения (6), (7) задачи (1)–(4). Выберем некоторый (фиксированный) момент  $t^*$  (так, чтобы приведенная ниже задача (12) имела решение) и целочисленный параметр  $N > 0$ . Положим  $\nu = t^*/N$  (параметр  $\nu$  — такт работы регулятора — в дальнейшем изменяться не будет). В классе дискретных управлений вида (5):  $u(t) = u(j\nu) \equiv u_j$ ,  $t \in [j\nu, (j+1)\nu]$ ,  $j = \overline{0, N-1}$ , рассмотрим задачу

$$I(u) = I(u | 0, x_0, N\nu) = \int_0^{N\nu} u^2(t) dt \rightarrow \min_{u(\cdot)}, \quad \dot{x} = Ax + bu, \quad (12)$$

$$x(0) = x_0, \quad Hx(N\nu) = g, \quad |u(t)| \leq L, \quad t \in [0, N\nu].$$

Оптимальную программу задачи (12) можно построить двойственным методом квадратичного программирования [8]. Используя формулу Коши, нетрудно сформулировать задачу квадратичного программирования, эквивалентную задаче (12):

$$f(u) = f(u | 0, x_0, N) = \sum_{i=0}^{N-1} u_i^2 \rightarrow \min, \quad \tilde{A}u = \tilde{b}, \quad |u_i| \leq L, \quad i = \overline{0, N-1}, \quad (13)$$

где

$$u = (u_i, i = \overline{0, N-1}), \quad \tilde{b} = g - HF(N\nu)x_0, \quad (14)$$

$$\tilde{A} = \left( \int_{i\nu}^{(i+1)\nu} HF(N\nu - t)b dt, i = \overline{0, N-1} \right); \quad \dot{F} = AF, \quad F(0) = E.$$

Затем, варьируя момент  $t^* = N\nu$  с шагом  $\nu$  (варьируя  $N$  на единицу) влево и вправо от первоначально выбранного значения (при необходимости уменьшение/увеличение  $N$  производится многократно) и корректируя в связи с этим оптимальную программу задачи (12) (или, что то же самое, оптимальный план задачи (13)) тем же двойственным методом, найдем такие момент  $t^*$  (значение  $N$ ) и оптимальную программу  $u_0^0(t) = u^0(t | 0, x_0)$ ,  $t \in T(t^*)$ , задачи (12) (оптимальный план задачи (13)), при которых критерий качества (1), равный  $J(t^*, u) = \alpha N\nu + (1 - \alpha)I(u) = \alpha N\nu + \nu(1 - \alpha)f(u)$ , достигает минимального значения. При уменьшении или увеличении  $N$  на единицу изменения в модели (13) задачи квадратичного программирования нетрудно получить из формул (14) параметров этой задачи. Очевидно, в этом случае изменяется вектор  $\tilde{b}$ , а также исчезает (в случае уменьшения  $N$ ) или добавляется (в случае увеличения

$N$ ) один столбец матрицы  $\tilde{A}$  (остальные столбцы остаются прежними — для них производится только перенумерация). Программное решение задачи (1)–(4) в выбранных условиях построено.

Алгоритм построения программного решения (6), (7):  $t^* = t^*(k\nu, x^*(k\nu)) = N\nu$ ;  $u_k^0(t) = u^0(t | k\nu, x^*(k\nu))$ ,  $t \in T_{k\nu}(t^*) = T_{k\nu}(N\nu) = [k\nu, N\nu]$ , задачи (8), соответствующей реализовавшейся позиции  $(\tau, z) = (k\nu, x^*(k\nu))$ , отличается от описанного выше алгоритма построения программного решения задачи (1)–(4) тем, что вместо задачи (12) в классе дискретных управлений вида (5):  $u(t) = u(j\nu) \equiv u_j$ ,  $t \in [j\nu, (j+1)\nu[$ ,  $j = \overline{k, N-1}$ , решается (с последующим варьированием  $N$ ) следующая задача оптимального управления

$$I_{k\nu}(u) = I(u | k\nu, x^*(k\nu), N\nu) = \int_{k\nu}^{N\nu} u^2(t) dt \rightarrow \min_{u(\cdot)}, \quad \dot{x} = Ax + bu, \quad (15)$$

$$x(k\nu) = x^*(k\nu), \quad Hx(N\nu) = g, \quad |u(t)| \leq L, \quad t \in [k\nu, N\nu],$$

или, учитывая вышеизложенное, следующая эквивалентная ей задача квадратичного программирования

$$f_k(u) = f(u | k\nu, x^*(k\nu), N) = \sum_{i=k}^{N-1} u_i^2 \rightarrow \min, \quad \tilde{A}u = \tilde{b}, \quad |u_i| \leq L, \quad i = \overline{k, N-1}, \quad (16)$$

параметры которой нетрудно вычислить аналогично (14).

**3. Алгоритм работы регулятора.** Работа предлагаемого регулятора по построению в режиме реального времени реализации оптимальной обратной связи заключается в следующем. Процесс управления начинается в момент  $\tau = 0$  с оптимальной программы (7):  $u^0(t) = u_0^0(t) = u^0(t | 0, x_0)$ ,  $t \in T(t^{*(0)}) = T(N^{(0)}\nu)$ , из программного решения (6), (7) задачи (8) для начальной позиции  $(0, x_0)$  (т.е. с программного решения задачи (1)–(4)), а в дальнейшем производится лишь коррекция программных решений. Поскольку (с точки зрения рассматриваемой проблемы) для позиции  $(0, x_0)$  задача (8) содержит лишь априорную информацию, то указанное программное решение можно построить до начала процесса управления в момент  $\tau = 0$ , не взирая на затраты машинного времени. С целью единообразия процедуры это решение (как и последующая корректировка решений) предлагается строить с помощью двойственного метода квадратичного программирования [8].

Управление  $u^*(t) = u_0^0(t) \equiv u_0^0$ ,  $t \in [0, \nu[$ , подается на вход системы (10) и порождает ее состояние  $x^*(\nu) = x^*(\nu | 0, x_0)$  (здесь  $u_0^0$  — первая компонента оптимального плана задачи (13), который вместе с оптимальным значением  $t^{*(0)} = N^{(0)}\nu$  составляет программное решение задачи (1)–(4) в выбранном классе управлений).

Предположим, что регулятор проработал в моменты  $0, \nu, \dots, (s-1)\nu$ , и система (10) оказалась в состоянии  $x^*(\tau) = x^*(\tau | \tau - \nu, x^*(\tau - \nu))$ ,  $\tau = s\nu$ . В предыдущий момент  $\tau - \nu = (s-1)\nu$ , когда система находилась в состоянии  $x^*(\tau - \nu) = x^*(\tau - \nu | \tau - 2\nu, x^*(\tau - 2\nu))$ , регулятор уже решил задачу (8) при  $\tau = (s-1)\nu$ . На очередном шаге регулятору необходимо построить решение задачи (8) при  $\tau = s\nu$ . Для этого (аналогично описанному выше) строится оптимальная программа задачи (15) при  $k = s$  и значении  $N = N^{(s-1)}$ , которое было найдено в результате решения задачи (8) при  $\tau = (s-1)\nu$ , с последующим варьированием значения  $N$ . В результате будут найдены момент  $t^{*(s)}$  (значение  $N = N^{(s)}$ ) и оптимальная программа  $u_{s\nu}^0(t) = u^0(t | s\nu, x^*(s\nu))$ ,

$t \in T_{s\nu}(t^{*(s)}) = T_{s\nu}(N^{(s)}\nu)$  задачи (15), при которых критерий качества задачи (8), равный  $J_\tau(t^*, u) = J_{s\nu}(N\nu, u) = \alpha(N\nu - s\nu) + (1 - \alpha)I_{s\nu}(u) = \alpha(N - s)\nu + \nu(1 - \alpha)f_s(u)$ , достигает минимального значения. Это управление используется регулятором на промежутке времени  $[s\nu, (s + 1)\nu]$ :  $u^*(t) = u_{s\nu}^0(t) \equiv u_s^0$ ,  $t \in [s\nu, (s + 1)\nu]$  (здесь  $u_s^0$  — первая компонента оптимального плана задачи (16) при  $k = s$ , который вместе с оптимальным значением  $t^{*(s)} = N^{(s)}\nu$  составляет программное решение задачи (8) в выбранном классе управлений).

Работа описанного регулятора программно реализована на языке C++, просчитан ряд тестовых примеров.

**Резюме.** В статье рассматривается реализация оптимального управления типа обратной связи в задаче оптимального управления по смешанному критерию качества. Предлагаемые регуляторы могут быть реализованы на современных компьютерах в режиме реального времени.

**Abstract.** Feedback optimum control realization in the problem of optimal control by hybrid criterion is considered in the article. The suggested regulators can be realized on modern computers in real-time mode.

### Литература

1. Математическая теория оптимальных процессов / Л. С. Понтрягин [и др.]. — М.: Наука, 1983.
2. Атанс, М. Оптимальное управление / М. Атанс, П. Л. Фалб. — М.: Машиностроение, 1968.
3. Габасов, Р. К методам стабилизации динамических систем / Р. Габасов, Ф. М. Кириллова, О. И. Костюкова // Изв. РАН. Техн. кибернетика, 1994. — № 3. — С. 67–77.
4. Габасов, Р. Стабилизация линейных динамических систем оптимальными управлениями линейно-квадратичных задач / Р. Габасов, А. В. Лубочкин // ПММ, 1998. — Т. 62, Вып. 4. — С. 556–565.
5. Лубочкин, А. В. Стабилизация линейных динамических систем с помощью позиционных решений линейно-квадратичных задач с ограничениями / А. В. Лубочкин // Изв. ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель, 2006. — № 4 (37). — С. 39–42.
6. Конструктивные методы оптимизации : в 5 ч. Ч. 4. Выпуклые задачи / Р. Габасов [и др.]. — Мн.: Университетское, 1987.
7. Лубочкин, А. В. Дискретная реализация позиционного решения в линейно-квадратичной задаче с ограничениями / А. В. Лубочкин // Изв. ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель, 2003. — № 3 (18). — С. 32–37.
8. Ракецкий, В. М. Решение общей задачи выпуклого квадратичного программирования двойственным методом / В. М. Ракецкий // Програм. обеспечение ЭВМ. — Мн.: Ин-т математики АН БССР, 1985. — Вып. 55. — С. 124–129.

УДК 681.3

## Обоснование объемов финансирования инвестиционного проекта на основе вероятностного сетевого графика

О. И. ЕСКОВА, И. И. КИКОТЬ

### Введение

Реализация инвестиционного проекта на основе собственных средств организации часто протекает в условиях ограниченного финансирования. Примером может служить реконструкция какого-либо цеха завода, в то время как основное производство продолжает функционировать. На реконструкцию цеха завод может выделять ежемесячно ограниченную сумму. Поэтому начало некоторых работ может откладываться из-за отсутствия достаточных средств на их выполнение. Это приводит к увеличению времени окончания проекта на неопределенный срок. Поскольку с реализацией инвестиционного проекта организация связывает какие-то планы по улучшению своей деятельности, ей важно оценить, как срок выполнения проекта будет зависеть от количества средств, выделяемых на него каждый месяц. Также организация, возможно, согласна привлечь и внешний кредит для завершения проекта. Тогда требуется определить сумму этого кредита и время, когда его наиболее выгодно использовать.

Для анализа сроков выполнения проекта традиционно используется метод сетевого планирования. Даже если не брать в расчет проблемы финансирования, время выполнения каждой работы является случайной величиной и зависит от множества факторов: качества используемых материалов, квалификации исполнителей, погодных условий и пр. Поэтому последовательность и взаимосвязь работ можно формализовать с помощью вероятностного сетевого графика. Однако в условиях ограниченного финансирования работ применение аналитических методов исследования вероятностных сетевых графиков весьма затруднительно. Предлагается использовать метод имитационного моделирования для оценки срока выполнения проекта. Этот метод предполагает разработку программы, имитирующей взаимодействие двух процессов: расходования средств в процессе производства работ, и их пополнения с учетом схемы финансирования организацией. Эксперименты на данной программе позволяют оценить среднее время выполнения проекта, а также закон распределения и другие характеристики этой случайной величины. Изменения в программе процесса выделения средств позволяют сравнивать различные схемы финансирования и выбирать из них с учетом конкретных предпочтений организации.

### **1 Методика разработки имитационной модели инвестиционного проекта в условиях ограниченного финансирования**

На этапе формализации данной задачи требуется построение сетевого графика инвестиционного проекта, учитывающего взаимосвязь и последовательность отдельных работ. Сетевой график представляет собой ориентированный граф без контуров, дуги которого соответствуют работам, а вершины – событиям (моментам окончания и начала работ) проекта. Обычно дугам приписываются числовые характеристики, означающие время выполнения каждой работы. Однако если время выполнения работы является случайной величиной, то требуется задание его закона распределения и числовых характеристик этого закона. В этом случае сетевой график называется вероятностным. Если работа не является новой, то можно провести исследования для определения ее продолжительности на основании ранее встречавшихся аналогов. Если же работа является новой и малоизученной, то для нее обычно используется бета-распределение с характеристиками, задаваемыми на основе экспертных оце-

нок. Как правило, используется именно второй подход, поскольку дополнительные исследования работ для конкретной организации мало мотивированы.

Бета-распределение может быть задано тремя характеристиками:  $a$  – нижняя оценка (оптимистический срок выполнения работы),  $b$  – верхняя оценка (пессимистический срок выполнения работы) и  $m$  – наиболее вероятное время выполнения работы. На основании этих оценок могут быть рассчитаны математическое ожидание и дисперсия времени выполнения работы, которые используются при генерации случайных чисел, соответствующих бета-распределению. На практике часто ограничиваются заданием двух характеристик:  $a$  и  $b$ , что значительно упрощает работу эксперта. В этом случае формулы для расчета математического ожидания и дисперсии будут следующие:

$$\bar{t} = M[t] = \frac{3a + 2b}{5}; D[t] = \left(\frac{b - a}{5}\right)^2.$$

Если приписать рассчитанные математические ожидания продолжительностей работ каждой дуге сетевого графика, то можно использовать обычный подход к определению критического пути в данном сетевом графике. При этом математическое ожидание критического срока проекта будет равно сумме математических ожиданий работ на критическом пути, а его дисперсия – сумме дисперсий этих работ. Однако такой расчет будет носить предварительный характер, поскольку не учитывается возможность изменения критического пути при конкретных реализациях продолжительностей работ, а также не учитываются ограничения на использование денежных средств.

Далее необходимо решить вопрос о приоритетах работ на выделение финансовых ресурсов в случае их недостатка. При этом могут учитываться различные неформальные предпочтения организации. Наиболее простой подход в этом случае – выделять средства в первую очередь работам, лежащим на критическом пути, а затем – работам, имеющим наибольшую продолжительность.

Необходимо также сформулировать набор схем финансирования проекта, которые будут исследоваться. Можно рассмотреть различные размеры ежемесячного поступления средств, либо схемы неравномерного финансирования, которые может себе позволить организация.

После решения этих вопросов можно переходить к этапу программирования модели. С точки зрения авторов, наиболее удобным средством реализации данной модели является система имитационного моделирования GPSS World. Среди языковых конструкций языка GPSS имеются блоки расщепления и объединения транзактов. Блок SPLIT (Расщепить) используется, когда из одного события выходят несколько работ. При этом для каждой работы создается отдельная копия транзакта, которая затем задерживается блоком ADVANCE (Задержать) на случайное время выполнения этой работы. Блок ASSEMBLE (Собрать) используется для имитации наступления события, в которое входят несколько работ. Этот блок ожидает поступления требуемого числа транзактов и объединяет их в один, который и продолжает движение. Таким образом, указанное событие наступает только тогда, когда завершаются все входящие в него работы.

Имитация выполнения проекта начинается с генерации транзакта, который поступает в блок, соответствующий исходному событию. Затем транзакт проходит все блоки, имитирующие работы задержкой на случайное время их выполнения. Для задания бета-распределения используется функция BETA() языка PLUS, расширяющего стандартные возможности языка GPSS. Логическая последовательность работ задается алгоритмом модели, используя блоки расщепления и объединения транзактов. Таким образом, время поступления транзакта на завершающее событие и является сроком выполнения проекта при разыгранных последовательностях работ. Это время сохраняется в файле или фиксируется в таблице GPSS, а транзакт передается на исходное событие для выполнения нового статистического эксперимента. Количество экспериментов регулируется с помощью счетчика цикла и блока LOOP (Цикл).

Количество средств, имеющихся в наличии в данный момент времени, является значением сохраняемой величины GPSS, которую можно считать образом расчетного счета, предназначенного для финансирования данного инвестиционного проекта. При необходимо-

сти начать какую-либо работу проверяется состояние этой величины, и, если средств достаточно, ее значение уменьшается на стоимость данной работы, работа начинается. В случае недостатка денежных средств работа переходит в режим ожидания до тех пор, пока средства не появятся. Отдельный сегмент программы имитирует процесс поступления денежных средств, периодически увеличивая значение соответствующей сохраняемой величины. Этот сегмент должен быть модифицирован всякий раз, когда необходимо перейти к исследованию другой схемы финансирования.

Количество статистических экспериментов легко регулируется в помощью параметра цикла в модели. Поэтому к задаче получения необходимой точности показателей можно подойти следующим образом: постепенно увеличивать число экспериментов, сравнивая их результаты. Когда значение среднего времени выполнения проекта для двух последующих экспериментов будет отличаться в пределах заданной точности, можно остановиться на последнем эксперименте и принять его результаты в качестве показателя для выбранной схемы финансирования.

## 2 Пример модели инвестиционного проекта и оценка результатов моделирования

Рассмотрим в качестве примера применения выше описанной методики модель строительства молотового корпуса кузнечного завода. Список работ этого проекта приведен в таблице 1. Соответствующий сетевой график показан на рис.1, причем над дугами проставлены математические ожидания продолжительностей работ. Единица измерения времени – один день. Один из критических путей выделен жирной линией.

Таблица 1. Параметры работ строительства молотового корпуса

Наименование работы	Код работы	$a$	$b$	$\bar{t}$	Стоимость работы, тыс. руб.
Разработка котлована	(1,2)	16	26	20	37642
Устройство буронабивных свай	(2,3)	20	45	30	97863
Устройство ростверков	(2,4)	20	70	40	122478
Обратная засыпка и подсыпка	(3,5)	30	42,5	35	56870
Установка ж/б колонн и плит	(4,5)	70	82,5	75	287648
Устройство бетонной подготовки под полы	(5,7)	10	85	40	127873
Монтаж блоков покрытий	(5,6)	55	67,5	60	178456
Устройство кровли	(7,8)	20	45	30	64570
Монтаж стеновых панелей	(7,9)	25	37,5	30	107472
Монтаж отопительных систем	(9,10)	130	155	140	187540
Заполнение проемов, окон, фонарей	(9,14)	100	150	120	127861
Электроосвещение, монтаж электросилового оборудования	(9,11)	105	117,5	110	248340
Монтаж водопровода и канализации	(9,12)	90	140	110	194461
Отделочные работы	(9,13)	100	200	140	248360
Устройство фундаментов под оборудование	(14,15)	70	95	80	197560

Рассматривались схемы регулярного финансирования данного проекта, причем сумма, выделяемая ежемесячно, варьировалась от 1 до 40 млн. руб. Результаты моделирования показаны на рис.2. Таким образом, наблюдается обратная пропорциональная зависимость срока завершения проекта от величины ежемесячно выделяемых средств. Причем увеличение размера выделяемых средств свыше 40 млн. руб не приводит к дальнейшему снижению срока выполнения проекта, поскольку в этом случае финансовые ресурсы не востребованы и продолжительность выполнения проекта определяется только технологическими свойствами работ.

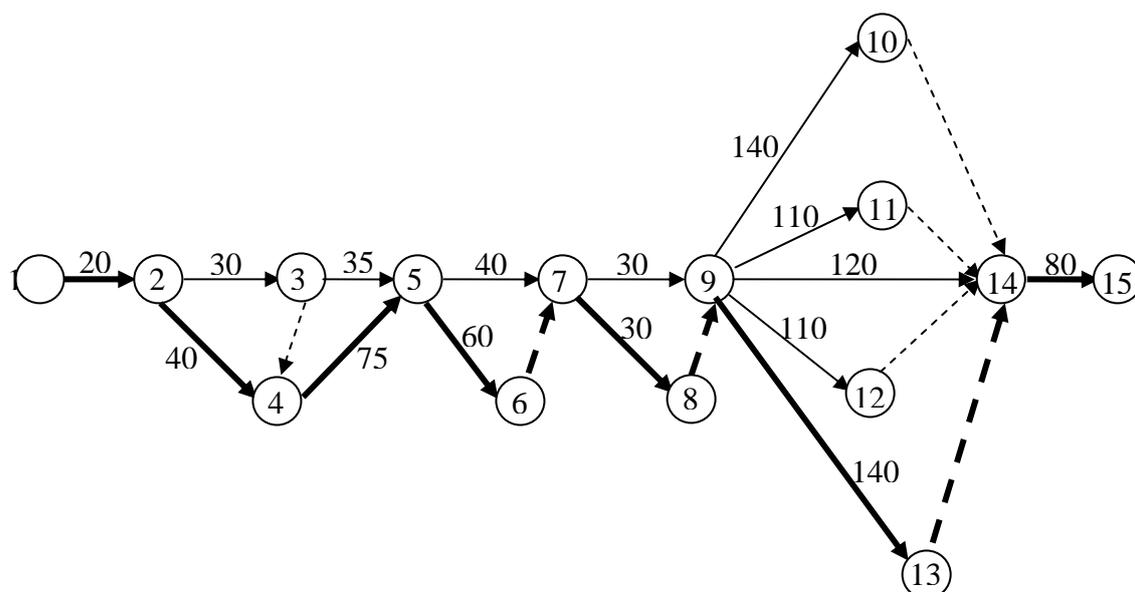


Рисунок 1 – Сетевой график строительства молотовского корпуса

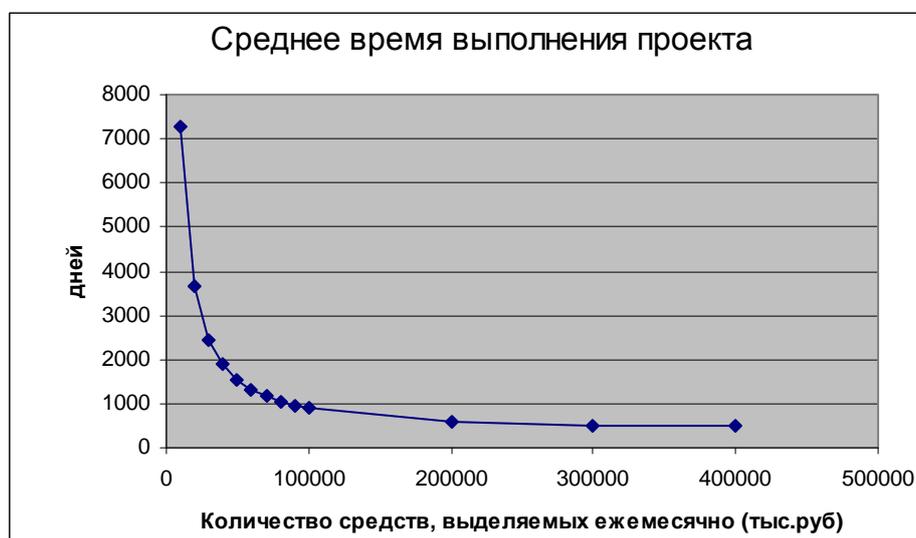


Рисунок 2 – График зависимости срока выполнения проекта от размера ежемесячно выделяемых средств, построенный по результатам моделирования.

Данная модель может быть также использована для анализа узких мест проекта. Так, например, при наступлении события 9 требуется выделить большое количество финансовых ресурсов, т.к. им одновременно начинаются 5 различных работ общей стоимостью 1009562 тыс.р. (т.е., около 100 млн.). Если бы эти средства были в наличии на момент совершения события 9, это позволило бы значительно ускорить выполнение проекта. Организовав в модели сбор статистики по времени наступления события 9, а также по количеству средств, имеющихся в наличии к этому моменту, можно определить срок, к которому должен быть получен внешний кредит, а также объем этого кредита (количество недостающих денежных средств).

### Заключение

Применение метода имитационного моделирования для анализа вероятностных сетевых графиков дает возможность решать достаточно широкий класс задач, касающихся организации работ и финансирования инвестиционного проекта. Разработка модели сетевого графика на языке GPSS не вызывает никаких сложностей и доступна даже специалистам экономического профиля при условии небольшого дополнительного обучения. Кроме анализа различных схем собственного финансирования проекта, которые обсуждались в данной

работе, имитационную модель сетевого графика можно использовать для выбора кредитных условий в случае использования внешнего кредита, а также для оценки влияния на срок завершения проекта других ресурсов (рабочей силы, механизмов и пр.).

**Резюме.** Рассматривается влияние схемы финансирования на срок завершения проекта. Используется вероятностный сетевой график для описания последовательности и взаимосвязи работ проекта. Предлагается реализовать его имитационную модель в системе моделирования GPSS World. Обсуждаются различные варианты задач, которые могут быть решены на такой модели.

**Abstract.** The financing scheme influence on project time for completion is considered. The likelihood network schedule for the description of project work sequence and interrelation is used. It is offered to realize its imitating model in modeling system GPSS World. Various variants of problems that can be solved on such model are discussed.

### Литература

1. Костевич, Л.С. Информационные технологии оптимальных решений: Учебное пособие / Л.С. Костевич; Мн.: Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 1999.
2. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков; СПб.: КОРОНА принт; М.: Альтекс-А, 2004.
3. Шрайбер, Т. Дж. Моделирование на GPSS / Т. Дж. Шрайбер; М.: Машиностроение, 1980.

Белорусский государственный  
университет транспорта

Поступило 26.04.10

## Принципы системного моделирования поставарийных процессов жизнедеятельности социума населенного пункта

Н. Б. ОСИПЕНКО, А. Н. ОСИПЕНКО, М. Н. ВАСЕНДА

**Введение.** Настоящая статья представляет собой попытку концептуального конструирования системы поставарийного управления жизнедеятельностью населения загрязненных территорий с учетом опыта ликвидации последствий радиационной аварии на ЧАЭС. В основу предлагаемого подхода положено понятие качества жизни человека и социума в целом. Рассматриваются методологические и некоторые методические аспекты оценки качества жизни социума в рамках общей схемы управляющего комплекса. В практическом плане намеченное в данной работе направление исследований может быть использовано с целью развития общеевропейского проекта системы поддержки принятия решений по управлению поставарийными процессами.

**Обоснование концепции.** Оценивая результаты научной деятельности по проблеме Чернобыля, приходится сожалеть, что они пока не вышли на уровень стратегического осмысления ситуации. Существующие модели ликвидации последствий атомной аварии, в частности, международный проект (RODOS) носят преимущественно технико-эколого-экономическую и медицинскую направленность, крайне недостаточно охватывая социальные аспекты. В то же время, опыт Чернобыля отчетливо продемонстрировал, что косвенное воздействие фактора радиационной аварии на здоровье жителей может оказаться существенно выше прямого воздействия радиации [1]. В этом смысле известный принцип ALARA (взвешивания пользы и вреда) должен получить дальнейшее развитие.

Одним из основных итогов всех постчернобыльских исследований явилась потребность в смене общепринятого подхода к разработке проблем глобальной катастрофы. Суть новой парадигмы состоит в том, что наряду с традиционными усилиями по ликвидации источника катастрофы и борьбой с прямыми последствиями, необходимо большее внимание уделить самому социуму и его здоровью, укрепить его жизнестойкость (под социумом здесь понимается трехуровневое образование: человек-семья-социальный организм населенного пункта в целом). Постепенно становится очевидным, что без выхода на конечную цель исследования (системно-интегральное качество жизнедеятельности социума) любые "суверенно-научные" разработки радиационной, медицинской и других тематик оказываются малопригодными. Таким образом, назрела потребность в создании единой и общепризнанной методологической концепции комплексных исследований и моделирования наиболее оптимальных вариантов принятия решений по ликвидации последствий катастроф.

**Структурная схема комплекса моделирования поставарийных процессов.** Предлагаемая схема представлена следующими блоками [2]:

- социальная жизнедеятельность социума населенного пункта, включающая пять взаимосвязанных моделей деятельности: познавательно-ориентационную (обучение, управление), экономико-преобразовательную (труд), оценочно-отражательную (восприятие жизни), коммуникативно-обменную (общение, торговля, услуги) и ценностно-балансировочную (воспитание, политика, религия);
- социально-психологический механизм обеспечения социальной жизнедеятельности социума (характер поведения жителей и руководства, направленность их мотивов, энергетика и чувствительность);
- внутренние психосоматические и медицинские условия жизнедеятельности социума;
- внешние природно-экологические условия;

- внешние социальные условия, относящиеся к жизнедеятельности метасоциума (регион и государство);
- формирование целевого свойства в виде уровней радиационных воздействий на социум и его экологическое окружение;
- прямое воздействия на психосоматическое состояние людей высоких доз радиационного облучения;
- изменение в социальной жизнедеятельности социума, ее социально-психологических механизмов, внутренних и внешних условий, обусловленные фактом наличия дополнительного радиационного облучения;
- оценки качества жизни социума, в частности, качества здоровья людей;
- разработки мер радиационной защиты и воздействий на социум со стороны метасоциума с целью его адаптации к изменяющимся условиям;
- реализации мер защиты и адаптационных воздействий.

Общей отличительной особенностью данного подхода является смещение акцентов в системе ценностей управления. Следствием этого явилось существенное расширение спектра мер воздействия на социум. Все эти меры – экологические (в том числе и радиационные), социально-экономические, административные, медицинские и информационно-психологические – считаются в данной схеме исходно равноправными (в плане их влияния на качество жизни), и, кроме того, должны разрабатываться и реализовываться параллельно и согласованно, усиливая тем самым общий эффект воздействия. Наряду с расширением мер воздействия, в проекте предлагается значительно расширить набор объектов влияния. Так, наряду с традиционными объектами: регион (область), район, населенный пункт, семья, человек, рассматриваются такие объекты, как класс районов, класс населенных пунктов, класс семей или класс жителей в классе населенных пунктов. Целью такой дифференциации объектов влияния является обеспечение адресности и адекватности отдельной меры или цепочки взаимосвязанных мер воздействий, путем детализации на каждом классе объектов, в зависимости от вида объекта и условий влияния.

Остановимся подробнее на ключевых блоках структурной схемы комплекса моделирования.

**Концепция экспертно-статистического моделирования качества здоровья и жизни человека.** Представим образ качества жизни в виде многоярусной пирамиды с верхним ярусом в виде трех взаимосогласованных подобразов качества: социального (КС), психологического (КП) и физического (КФ). В простейшем случае эти три интегральных фактора жизнедеятельности могут быть сведены к некоторым относительным фактор-признакам и синтезированы в обобщенный показатель:  $KЖ = F(КС, КП, КФ)$ .

Продолжим декомпозицию каждого из корневых факторов качества жизни сначала на пять подфакторов, отражающих базовые подсистемы [3] (ориентационную, преобразовательную, отражательную, коммуникативную и ценностно-балансировочную). Далее, прежде, чем перейти к анализу качественно-количественных характеристик (признаков) перечисленных подсистем, предлагается осуществить вербальную экспертную интерпретацию их элементов с помощью специально разработанной универсальной схемы функционирования произвольной активной системы [3]. При этом эксперту по направлению ставится задача дать качественную оценку существенности того или иного элемента структуры исследуемого функционирования в плане изменчивости в условиях динамики поставарийных процессов. Данная процедура предназначена для разумного сужения объемов анализа и адаптации процедур оценки качества жизни под специфику разработки поставарийных мер и воздействий на социум. В обязанности эксперта по направлению входит также разработка целевых и объясняющих фактор-признаков его сферы исследований на основе базы данных из признаковых описаний ситуаций функционирования и базы знаний о характере взаимосвязей соответствующих факторов и признаков.

Особенностью предлагаемого способа формирования факторных описаний является то, что он позволяет на уровне эксперта-интегратора проследить естественные связи меж-

ду социальным, психическим и физическими полями представления (вдоль каждого типа подсистемы жизнедеятельности, функционирования и функционального блока). В результате такого прослеживания появляется возможность, с одной стороны, значительно усилить прогностические способности итоговой модели, а с другой, – обеспечить ее адекватность и надежность. Достигается это за счет триединого согласования элементов факторных описаний. Поясним идею такого согласования. Пусть элементы фактор-функционирования на социальном, психологическом и физическом уровнях представляются в виде их экстенсивного (объем) и интенсивного (качественная дифференциация) описаний.

Первый способ согласований (иерархическое включение) предполагает включение интегрального показателя фактор-элемента нижнего уровня в описание фона фактор-функционирования вышележащего уровня. Так, интегральная характеристика инструмента ориентации физического плана дополнит описание контекста ориентации психического плана в инструментальном аспекте. Аналогично, та или иная характеристика фактор-функционирования более высокой иерархической ступени может быть использована при описании фона для нижележащего фактор-функционирования.

Второй способ согласования состоит в выполнении условия межуровневой балансировки: относительные (по отношению к своим потенциальным порогам) значения экстенсивного и интенсивного показателей (назовем далее их метапоказателями) развитости элемента функционирования, а также соотношение этих метапоказателей при сравнении двух уровней не должны иметь принципиального различия. В общем случае это относится и к структуре фактор-функционирования и в целом к структуре жизнедеятельности. Например, существенная разница метапоказателей средств или инструмента ориентации на психическом и социальном уровнях является либо следствием ошибки оценивания, либо сигналом наличия дисгармонии в функции ориентации.

Третий способ согласования относится к балансировке межэлементных связей в рамках одного фактор-функционирования и обеспечивается контролем за непревышением определенных пределов для границы метапоказателей элементов одного уровня фактор-функционирования (развитым средствам должен соответствовать развитый инструмент).

В целом оценка качества фактор-функционирования определяется, с одной стороны, метапоказателями развитости его составляющих и, с другой, – характеристикой напряженности дисгармоничных явлений. Общий вид этой оценки описывается отношением:

$$K^f = F_m(M_{\text{ext}}^f, M_{\text{int}}^f) / F_s(S_{\text{ext}}^f, S_{\text{int}}^f),$$

где  $M_{\text{ext}}^f$  и  $M_{\text{int}}^f$  – экстенсивный и интенсивный метапоказатели фактор-функционирования  $f$ ;  $S_{\text{ext}}^f$  и  $S_{\text{int}}^f$  – соответствующие метапоказатели напряженности дисгармоничных явлений.

Касаясь влияния факторов риска на здоровье человека, заметим, что некоторые из них (субъектно-независимые, в частности, экологические) способны порождать дисгармоничные явления на всех трех уровнях, а некоторые (субъектно-зависимые, например, алкоголь и стресс) – связаны с компенсационной балансировкой противоречий вышестоящего уровня за счет роста напряженности дисгармоничных процессов нижележащего уровня.

**Концепция системного имитационного моделирования при разработке мер защиты и воздействий на социум.** Структура комплексной имитационной модели должна состоять из двух уровней. Первый (внутренний) уровень моделирует работу латентных механизмов формирования субъектами социума знаний о складывающейся поставочной ситуации, ценностных ориентаций, потребностей и мотивов поведения. Параметры модели внутреннего уровня (определяющие в итоге поведение субъектов на внешнем уровне) первоначально задаются как априорные, а затем в процессе имитации корректируются с целью согласования модельных результатов с натурными проявлениями [4-7]. Не останавливаясь на особенностях работы моделей двух уровней (это является предметом специальных разработок), отметим, что для второго уровня базовыми моделями являются КР-модели: дозовой динамики, изменения интенсивности внешних информационных воздействий, развития обусловленных Чернобылем невротозов, миграционных процессов и экономических перемен в хо-

зайстве. Все целевые признаки этих моделей, с одной стороны, входят в виде объясняющих фактор-признаков в другие модели своего уровня, а, с другой стороны, в результате обратной связи возвращаются в модели первого уровня в качестве новых факторов, требующих своего переосмысления с последующей корректировкой субъектом его знаний, ценностей или мотивов поведения. Таким образом, образуется замкнутый цикл имитации. Итогом работы имитационной модели при заданных стартовых условиях (уровне радиационного загрязнения и коэффициенте перехода, типе социума, состоянии коммуникативно-информационной системы, политическом и экономическом фоне, уровне знаний и характере соответствующих ценностных ориентаций) будет сценарий развития радиационно-обусловленных событий жизнедеятельности социума во всех рассматриваемых сферах. Знания о характере последствий реализации той или иной меры или воздействия на социум позволят, с одной стороны, принимать наиболее адекватные решения, а с другой, – минимизировать потери в качестве жизни социума.

**Резюме.** Описываются принципы системного моделирования поставарийных процессов жизнедеятельности социума населенного пункта на основе интегрального показателя качества жизни. Потребность в этом исследовании связана с тем, что наряду с традиционными усилиями по ликвидации источника катастрофы и борьбой с прямыми последствиями, необходимо большее внимание уделить общему качеству жизнедеятельности социума.

**Abstract.** System modeling principles of post emergency processes of settlement society's ability to live on the basis of a life quality integrated indicator are described. The reason for this research is that along with traditional efforts on liquidation of an accident source and struggle against direct consequences, it is necessary to give more attention to the general quality of society's ability to live

### Литература

1. Бронский, В.И. Социально-средовые факторы и здоровье различных контингентов взрослого сельского населения, пострадавшего от Чернобыльской катастрофы / В.И. Бронский, С.В. Толканец // Чернобыль: экология и здоровье. Гомель, 1996, №2, С.67-76.
2. Осипенко, А.Н. Обобщение постчернобыльского опыта: к вопросу проектирования управляющего комплекса по ликвидации последствий влияния радиационной аварии на население / А.Н. Осипенко // Сб. Экология и Чернобыль, Ч.3. – Гомель, 1996. – С.78-89.
3. Осипенко, А.Н. Метод моделирования активной системы: постановка задачи ориентационных исследований и ее интерпретация применительно к созданию управляющего комплекса по ликвидации последствий радиационной аварии / А.Н. Осипенко // Сб. Экология и Чернобыль, Ч.3. – Гомель, 1996. – С.72-77.
4. Осипенко, Н.Б. Программное обеспечение разведочного анализа данных натурного и имитационного эксперимента / Н. Б. Осипенко и др. // Сб. Компьютерный анализ данных и моделирование: Том 2. – Минск: БГУ, 1995, -С.231-235.
5. Осипенко, Н.Б. Выявление причинно-следственных связей в компьютерном моделировании социальных и природных систем / Н.Б. Осипенко, П.Н. Стрибук, А.Н. Осипенко // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2002. – №6(15). – С.105–109.
6. Осипенко, Н.Б. Построение модели факторов здоровья сельского населения по данным скринингового обследования / Н. Б. Осипенко и др. // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2006. – №4(37). – С.113-115.
7. Осипенко, Н. Б. Методические и программно-технологические средства оценки и анализа сезонной динамики доз внутреннего облучения жителей населенных пунктов / Н. Б. Осипенко и др. // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины № 6 (27), 2004. – С.171-176.

## Построение корреляционно-регрессионной модели экспресс-диагноза вегетативной дистонии у подростков

Н. Б. ОСИПЕНКО, А. Н. ОСИПЕНКО

**Введение.** Практика шаблонного использования стандартных схем прикладной статистики [1] в медицине в большинстве случаев не дает практического эффекта. Выводы и рекомендации, которые можно получить из таких моделей, как правило, являются либо слишком общими и давно известными, либо вообще не соответствуют действительности. Реальную пользу математическое моделирование может дать лишь тогда, когда этот инструментальный станет естественной составляющей содержательного анализа медицинской проблемы для самого врача. В связи с этим актуальной является задача практической наработки опыта применения конкретных методических приемов, обеспечивающих корректность исследования. В описанном ниже примере диагностики вегетативной дистонии у подростков использована методологическая и методическая база, позволяющая построить цельную картину взаимосвязи исследуемых процессов и по результатам моделирования получить новые и полезные выводы.

### **Краткая методологическая схема разработки компьютеризированного экспресс-диагноза вегетативной дистонии у подростков по данным массового обследования**

Практический смысл предлагаемой работы состоит в том, чтобы обучившись на представительной выборке детально обследованных подростков (с полной информацией по вегетативной сфере) и построив прогнозные функции аппроксимации показателей вегетативной сферы по признакам, снятым в результате массового обследования (ЭКГ, анамнез, жалобы, антропометрия, АД), дать экспресс-диагноз нарушений вегетативной сферы: здоров, пограничное состояние, болен. На основании такого экспресс-диагноза можно будет:

- 1 избежать детального обследования вегетативной сферы у здоровых и сэкономить время квалифицированного врача-терапевта;
- 2 сориентировать внимание специалиста на проблемных симптомокомплексах, что также экономит его время;
- 3 понять природу вегетативной дистонии и ее влияние на другие сферы;
- 4 специалисту после ознакомления с аппроксимационным прогнозом внимательней отнестись к клиническому диагнозу по каждому симптомокомплексу, что в итоге повысит качество диагноза и схем оздоровления.

### **Описание исходных данных, методов и инструментов измерения и оценки**

Обследовано 98 подростков-мальчиков СШ N 42 г. Гомеля, проживающих в зоне загрязнения 1-5 Ку/км<sup>2</sup>. Осмотр осуществлялся при участии врачей психоневролога и терапевта.

Основным методическим инструментом обследования явилась ЭКГ и квантифицированная карта обследования с оценкой многоуровневых параметров, основными из которых являлись: антропометрический, психометрический, клинический, клинико-инструментальный: артериальное давление и кардиоинтервалография. Квантифицированная карта обследования и её эталон приведены в [2].

ЭКГ записывалась в 12 отведениях: 3 стандартных (I, II, III), 3 усиленных отведениях от конечностей (aVR, aVL, aVF) и 6 грудных отведениях (V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>5</sub>, V<sub>6</sub>). Снимались

признаки, характеризующие СРРЖ (синдром ранней реполяризации желудочков): 1) подъём сегмента ST во II, III, aVF и V<sub>1</sub>- V<sub>6</sub>; 2) зазубренность или наличие Iwave – волны соединения в виде псевдозубца r на нисходящем колене зубца R в отведениях II; III, aVF и грудных V<sub>2</sub>- V<sub>6</sub>; 3) наличие I.point – точки соединения в отведениях II, III, aVF и грудных V<sub>2</sub>- V<sub>6</sub>; 4) высокоамплитудный зубец T в V<sub>1</sub>- V<sub>3</sub>.

Информативная сущность клинической части карты заключается в структуризации, иерархизации клинических параметров: анамнеза, жалоб, статуса [2].

### Методика построения моделей факторного анализа и экспресс-диагноза ВД

Предлагаемая методика сводится к реализации следующих процедур:

1) построение для каждого целевого признака вектора корреляционных связей его с объясняющими признаками;

2) построение для каждого целевого признака уравнения его линейной регрессии на все значимо коррелируемые с ним объясняющие признаки (в соответствии с полученным на предыдущем этапе вектором корреляционных связей незначимые признаки отбрасываются);

3) отбраковка тех объясняющих признаков каждого уравнения регрессии, у которых существенно меньшие (близкие к нулю) коэффициенты регрессии или знак коэффициента регрессии не совпадает со знаком коэффициента корреляции;

4) запись полученных коэффициентов регрессии в матрицу параметров прогнозных функций аппроксимации целевых признаков вегетативной сферы;

5) построение совместной матрицы весов связи объясняющих признаков с целевыми путем нормирования коэффициентов регрессии в уравнениях аппроксимации каждого целевого признака (сумма этих коэффициентов регрессии равна единице);

б) экспертный синтез качественных показателей направлений и силы эмпирических связей целевых и объясняющих признаков на базе совместной матрицы весов (в результирующей таблице (Рис. 1 в [5]) жирная стрелка вверх/вниз – сильная связь в виде уверенного увеличения/уменьшения одного фактора при увеличении другого, полужирная – значимое умеренное и тонкая стрелка – слабое изменение);

7) экспертная интерпретация таблицы качественных показателей направлений и силы эмпирических связей факторов здоровья жителей, состоящая в том, чтобы: а) объяснить парные и групповые эмпирические связи с помощью известных причинно-следственных связей или неизвестных, но вполне правдоподобных, которые впоследствии могут быть доказаны или опровергнуты с помощью специальных исследований; б) опираясь на выделенные причинно-следственные цепочки, выйти на управляемые признаки и предложить гипотетические варианты коррекции практических схем и методов оздоровления вегетативной сферы подростков;

8) построение для каждого целевого признака функции его аппроксимации с помощью: а) для количественного признака – присвоения каждому исследуемому объекту (подростку) внутриклассового значения целевого свойства по классу, центр которого в многомерном пространстве объясняющих признаков ближе всего к точке этого объекта (в [1] такие функции называют кусочно-простыми); предварительно для этого целевого признака с помощью соответствующей программы пакета МОНАДА 2 [4] должна быть проведена автоматическая классификация объектов обучающей выборки в многомерном пространстве наиболее информативных объясняющих признаков (в качестве таковых берутся объясняющие признаки из уравнения регрессии по этому целевому признаку); для оценки расстояний в многомерном пространстве объясняющих признаков используется евклидова метрика с полученными на предыдущем этапе весами признаков; б) для бинарного признака (0 – нет, 1 – есть нарушение) – присвоения каждому исследуемому объекту взвешенной по близости к точке объекта сумме внутриклассовых значений целевого свойства по ближайшим 0-классу и 1-классу (в 0-классе большинство обучающих объектов имеют 0-значения целевого свойства, в 1-классе – большинство обучающих объектов имеют 1-значения целевого свойства);

9) запись прогнозных значений регрессионной и кусочно-простой функций аппроксимации каждого целевого признака по каждому объекту обучающей выборки в две соответствующие матрицы;

10) промежуточная диагностика отдельно для регрессионной и кусочно-простой аппроксимации состояния вегетативной системы по каждому целевому признаку (кроме первого) путем отнесения к здоровым (*прогноз = 0*) или больным (*прогноз = 1*) в зависимости от того, превышает или нет прогнозное (т.е. аппроксимированное) значение целевого признака порог, определенный экспертным путем (при выборе порога необходимо, с одной стороны, получить минимальное число отнесений больных к здоровым, то есть ошибок 1-го рода, с другой стороны, – минимизировать общее число ошибок); первый целевой признак *ИнтОцВегСфВейн* был исключен из дальнейшего рассмотрения в связи с большим числом ошибок 1-го рода;

11) совмещенная диагностика по регрессионной и кусочно-простой аппроксимации состояния вегетативной системы для каждого целевого признака (кроме первого) путем отнесения к здоровым (*прогноз = 0, если прогноз по регрессии = 0 и прогноз по кусочно-простой аппроксимации = 0*), пограничному состоянию (*прогноз = 0.5, если прогноз по регрессии = 0 и прогноз по кусочно-простой аппроксимации = 1 или прогноз по регрессии = 1 и прогноз по кусочно-простой аппроксимации = 0*) или больным (*прогноз = 1, если прогноз по регрессии = 1 и прогноз по кусочно-простой модели = 1*);

12) расчет по каждому обследованному подростку из обучающей выборки суммы всех промежуточных диагнозов вегетативной системы (все целевые признаки, кроме первого) по регрессионной аппроксимации – *СумПрогВегСфРегр*, по кусочно-простой аппроксимации – *СумПрогВегСфКусочПр*, а также суммы всех совместных диагнозов, полученных на предыдущем этапе – *СумПрогВегСфСовм*;

13) итоговая диагностика состояния вегетативной системы отдельно для регрессионной (*ДиагСумПрогВегСфРегр*), кусочно-простой (*ДиагСумПрогВегСфКусочПр*) и совмещенной (*ДиагСумПрогВегСфСовм*) модели диагноза путем отнесения к здоровым (*СумПрогВегСф < 2*), пограничным (*2 < СумПрогВегСф <= 4*) или больным (*СумПрогВегСф > 4*);

14) расчет итоговых показателей: коэффициентов корреляции векторов модельных диагнозов (*ДиагСумПрогВегСфРегр*, *ДиагСумПрогВегСфКусочПр*, *ДиагСумПрогВегСфСовм*) с реальными клиническими диагнозами (*ИнтОцВегСфВейн*, *КачОцВегСф*, *СумВегСфОбсл*, *РубрВег*); таблиц ошибок 1-го рода (отнесение больных к здоровым), 2-го рода (отнесение здоровых к больным), 3-го рода (отнесение пограничных к здоровым) и 4-го рода (отнесение здоровых к пограничным) по каждой модели диагноза; отметим, что ошибки отнесения больных к пограничным и наоборот практического смысла не имеют, поэтому она не рассматривались.

### Результаты предварительного анализа первичных признаков и их взаимосвязи

В целом встречаемость СРРЖ по обследованным подросткам составила 76%, что соответствует наиболее пессимистичным данным из литературных источников и многочисленным общим выводам специалистов о неблагоприятном состоянии здоровья у старших школьников.

На предварительном этапе исследования была построена таблица общих статистических показателей первичных признаков, взятых из базы данных до проведения процедуры корректной оцифровки, описанной в [5]. В ней представлена доля подростков с нормальными значениями показателей, т.е. без нарушений на ЭКГ. Как видим, наибольшая частота отклонений наблюдается в интегральных целевых показателях ВД: *ИнтОцВегСфВейн* (тест А.М. Вейна) – 24%, *СумВегСфОбсл* (сумма нарушений вегетативных сфер при клиническом обследовании) – 13%, *РубрВег* (рубрификация) – 44%, *КачОцВегСф* (качественная оценка ВД) – 37%. Из отдельных вегетативных сфер более всего распространены нарушения в *Ха-рАстен* (астения), *ПермВазоВегРас* (перманентные вазовегетативные расстройства) и *ИнтС-*

*редФакт* (интолерантность к средовым факторам). Из объясняющих признаков чаще всего встречаются отклонения по признакам СРРЖ (*V2 ST, V3 ST, V3 ZUB, AVF ST, PROVOD*), обобщенному показателю нарушений по ЭКГ (*EKG*) и анамнезу (*Anamn1*).

Наряду с одномерным анализом с помощью стандартного статистического пакета была построена матрица попарных корреляций целевых и объясняющих первичных признаков (табл. 1).

Таблица – 1. Матрица попарных корреляционных связей первичных признаков

Первичные признаки вегетативного обеспечения		ИнтОцВегСфВейн	КачОцВегСф	ПермВазоВег	СистДисф	ПароксВиспВег	ДисциркРас	МотивНар	ИнтолСредФакт	ХарактАстении	СумВегСфОбсл	РубрВег
Электрокардиографические показатели	AVF_ST	0,04	0,13	0,03	-0,01	-0,06	-0,03	0,02	-0,03	0,07	0,07	0,12
	AVF_ТочВолн	-0,03	0,10	-0,04	0,02	0,00	0,03	0,24	0,00	0,05	0,13	0,07
	III_ST	0,03	0,13	-0,06	-0,07	-0,05	-0,01	0,06	-0,03	0,14	0,05	0,12
	III_ТочВолн	-0,04	0,09	-0,14	-0,01	0,00	0,02	0,23	-0,03	0,10	0,05	-0,04
	II_ST	-0,03	0,00	-0,08	-0,09	-0,04	0,33	0,14	-0,09	0,02	-0,01	-0,01
	II_ТочВолн	-0,07	-0,07	-0,09	-0,09	-0,05	0,28	0,11	-0,10	-0,02	-0,07	-0,07
	V2_ST	-0,10	-0,08	-0,04	-0,03	-0,05	-0,08	-0,02	-0,08	-0,16	-0,04	-0,06
	V3_ST	-0,02	-0,06	0,07	-0,03	-0,14	-0,02	-0,01	-0,11	-0,21	-0,01	-0,03
	V4_ST	0,19	0,21	0,29	0,22	0,32	0,01	-0,09	0,08	-0,10	0,23	0,27
	V5_ST	0,21	0,22	0,05	0,11	0,15	0,20	0,16	-0,03	-0,09	0,14	0,24
	V5_ТочВолн	0,23	0,22	0,20	0,29	0,33	0,03	0,05	0,06	0,00	0,25	0,33
	V6_ST	0,17	0,13	0,01	0,1	0,14	0,06	0,13	0,03	-0,04	0,11	0,19
	V6_ТочВолн	0,11	0,11	0,02	0,14	0,28	0,21	0,07	-0,07	-0,06	0,13	0,23
	V2_Зуб	0,05	0,04	-0,01	-0,03	0,12	0,15	0,10	-0,01	0,04	0,09	0,11
	V3_Зуб	-0,04	-0,04	-0,02	0,18	0,03	-0,08	-0,05	-0,24	-0,25	-0,05	-0,06
Провод	-0,01	0,05	-0,03	-0,02	0,17	-0,04	-0,03	0,00	-0,14	0,02	-0,01	
Клинико-психо-физиологические показатели	НаслСом	0,10	-0,02	0,04	-0,01	-0,05	0,02	-0,01	0,10	0,19	0,10	0,07
	Анамнез	0,47	0,44	0,53	0,18	0,33	0,21	-0,07	0,36	0,14	0,47	0,55
	Жалобы	0,43	0,35	0,32	0,31	0,32	0,55	0,08	0,46	0,24	0,45	0,28
	ПродолРасстр	0,32	0,24	0,32	0,19	0,37	0,34	-0,07	0,46	0,25	0,32	0,31
	НевролСтат	0,14	0,12	0,34	0,13	0,07	0,13	-0,02	0,16	0,07	0,22	0,23
	ЭндокрСтигм	0,24	0,38	0,27	-0,03	0,20	-0,02	0,12	0,11	0,06	0,35	0,34
	СистАД	-0,08	-0,10	-0,06	0,00	0,03	0,01	-0,08	-0,08	-0,08	-0,06	0,04
	ДиастАД	0,00	-0,12	-0,05	0,02	0,08	0,15	-0,19	-0,01	0,12	-0,03	-0,03
	ПульсАД	-0,14	-0,03	-0,04	-0,03	-0,04	-0,14	0,03	-0,1	-0,17	-0,07	0,08
	Диагноз по ЭКГ	0,05	0,08	-0,02	0,08	0,08	-0,02	-0,01	-0,12	-0,15	0,04	0,05
	R-R	-0,07	-0,01	-0,19	-0,08	-0,04	-0,28	0,13	-0,23	-0,19	-0,09	-0,07
	КИГ1	0,05	0,04	-0,06	0,02	-0,02	-0,13	0,09	-0,05	-0,09	-0,01	0,01
	КИГ2	0,03	-0,06	0,04	0,08	0,03	-0,03	0,03	0,02	-0,06	0,02	0,00
	КИГ3	-0,01	0,01	0,11	-0,10	0,02	0,21	-0,13	0,10	0,06	0,04	0,05
	КИГИН	-0,02	0,07	0,09	-0,03	0,10	0,15	0,01	0,19	0,22	0,11	0,07
КИГИЦ	0,00	0,07	0,11	-0,04	0,10	0,16	0,02	0,21	0,20	0,13	0,08	
Антропометр.	ИндКет	0,04	0,10	-0,11	-0,08	0,00	-0,02	-0,08	-0,01	-0,12	0,00	0,19

Согласно традиционным схемам интерпретации корреляционных связей для оценки интегральных целевых признаков (*РубрВег, СумВегСфОбсл, ИнтОцВегСфВейн, КачОцВегСф*), наиболее информативными признаками СРРЖ являются: *V4 ST, V5 ST, V5 ТочВолн*. Все остальные объясняющие признаки СРРЖ и массового обследования, кроме признаков анамнеза (*Анамн*), жалоб (*Жалоб*), неврологического статуса (*НеврСт*) и эндокринной стигматизации (*ЭндСтигм*) должны быть исключены из дальнейшего рассмотрения как неинформативные. Кроме того, из этой таблицы в рамках традиционного подхода следовало бы отказаться и от показателей СРРЖ, так как они в меньшей степени связаны с целевыми признаками ВД. Неэффективность и бесперспективность такого рода интерпретации корреляционных связей видна хотя бы из того, что ряд «ненужных» объясняющих признаков

(в том числе и признаков СРРЖ) по отдельным вегетативным сферам имеет заслуживающую внимания связь с соответствующим целевым признаком. Например, это относится к связи признаков: *II\_ST* и *ДисциркРас* (дискуляторные расстройства).

Все это говорит о том, что построение адекватной и практически осмысленной картины связи объясняющих и целевых признаков можно осуществить только в рамках многомерного анализа данных путем выделения признаковых комплексов (патернов), объясняющих в первую очередь нарушения в отдельных вегетативных сферах и лишь во вторую – интегральные оценки ВД.

### Результаты построения моделей диагноза вегетативной дистонии

Согласно методике построения моделей диагноза вегетативной дистонии, итоговым результатом являются:

– уравнения и алгоритмы функций аппроксимации целевых признаков вегетативной сферы (в табл. 2 приведены значения коэффициентов регрессионных уравнений и весов объясняющих признаков);

Таблица – 2. Коэффициенты корреляции клинических и модельных диагнозов

	Модель аппроксимации		
	Кусочно-простая	Регрессионная	Совместная
РубрВег	0,68	0,72	0,74
СумВегСфОбсл	0,74	0,77	0,79
ИнтОцВегСфВейн	0,69	0,64	0,70
КачОцВегСф	0,70	0,69	0,72

– таблица направлений и силы статистической связи целевых и объясняющих признаков вегетативной системы, удобная для работы врача (см. рис. 1 в [5]);

– коэффициенты корреляции векторов модельных диагнозов (*ДиагСумПрогВегСф-Регр*, *ДиагСумПрогВегСфКусочПр*, *ДиагСумПрогВегСфСовм*) с реальными клиническими диагнозами (*ИнтОцВегСфВейн*, *КачОцВегСф*, *СумВегСфОбсл*, *РубрВег*) приведены в таблице 2;

– таблица ошибок 1-го рода (отнесение больных к здоровым), 2-го рода (отнесение здоровых к больным), 3-го рода (отнесение пограничных к здоровым) и 4-го рода (отнесение здоровых к пограничным) по каждой модели диагноза (см. табл. 3);

Таблица – 3. Ошибки моделей диагноза вегетативной дистонии

Ошибка		Модель аппроксимации	Кусочно-простая	Регрессионная	Совместная	Из какого количества больных подростков
Ошибка 1-го рода (больной отнесен к здоровым)	РубрВег		0 (0%)	3 (5%)	1 (2%)	55
	СумВегСфОбсл		0 (0%)	1 (3%)	0 (0%)	39
Количество больных, отнесенных к здоровым			27	35	32	
Ошибка 2-го рода (здоровый отнесен к больным)	РубрВег		7 (16%)	1 (2%)	2 (5%)	43
	СумВегСфОбсл		8 (20%)	3 (8%)	4 (10%)	40
Количество здоровых, отнесенных к больным			55	39	42	
Ошибка 4-го рода (здоровый отнесен к пограничным)	РубрВег		9 (21%)	10 (23%)	10 (23%)	43
	СумВегСфОбсл		7 (18%)	7 (18%)	6 (14%)	40
Количество здоровых, отнесенных к пограничным			16	24	24	
Ошибка 3-го рода (пограничный отнесен к здоровым)	СумВегСфОбсл		2 (11%)	4 (21%)	2 (11%)	19
Количество пограничных, отнесенных к здоровым			27	35	32	

По своему построению модель диагноза на основе кусочно-простой аппроксимации (см. табл. 3) ориентирована на минимизацию наиболее опасных ошибок 1-го и 3-го рода. С другой стороны, большое количество ошибок 2-го и 4-го рода потребует дополнительных экономических затрат и времени работы квалифицированного врача. Модель диагноза на основе регрессионной аппроксимации (см. табл. 3) таких ошибок делает намного меньше. По сумме всех ошибок оптимальна совместная модель диагноза (в табл. 3 – Совместная), что подтверждает и таблица 2 с коэффициентами корреляции клинических и модельных диагнозов. Таким образом, эти три модели выполняют разные практические задачи и дополняют друг друга.

### **Интерпретация модели факторного анализа статистической связи целевых и объясняющих признаков вегетативной сферы**

При регистрации ЭКГ по некоторым признакам можно заподозрить наличие нарушений вегетативной сферы и при более тщательном обследовании выявить комплексы признаков, определяющих то или иное нарушение. Принимая во внимание особенности интерпретации модели факторного анализа статистической связи целевых и объясняющих признаков вегетативной сферы, отметим следующие шесть закономерностей:

1 для признака *ХарАстенВозб* (характер астении в аспекте возбудимости) на ЭКГ характерны: подъем сегмента ST в отведении aVF (*AVF ST*), наличие точки или волны в aVF (*AVF ТочВолн*) и III (*III ТочВолн*), что в свою очередь сочетается с наличием ЧМТ в анамнезе и соматической наследственностью;

2 для признака *ХарАстенСлаб* (характер астении в аспекте слабости) на ЭКГ характерно присутствие точки или волны в V5 и V6 (*V5 ТочВолн* и *V6 ТочВолн*), что соотносится с частыми соматическими заболеваниями, активными жалобами и повышенным индексом централизации КИГИЦ. В этой группе подростков высокое значение индекса Кетле практически не встречается;

3 для признака *ИнтолСредФакт* (интолерантность к средовым факторам) наиболее информативными из ЭКГ признаков является сочетание наличия подъема ST в V4 (*V4 ST*), отсутствия высокого зубца T в V3 (*V3 Зуб*), минимальной разницы расстояний R-R в отведении II (*R-R*). Как правило, в эту группу входят подростки с частыми соматическими заболеваниями в анамнезе, активными жалобами и эндокринной стигматизацией;

4 для признака *ДискулРас* (дискуляторные расстройства) на ЭКГ присутствует точка или волна в V6 (*V6 ТочВолн*), минимальная разница расстояний R-R, что сочетается с жалобами, частыми соматическими заболеваниями и наличием ЧМТ в анамнезе;

5 по группе целевых признаков *ПермВазоВег* (перманентные вазовегетативные нарушения), *СистДисф* (системные дисфункции), *ПароксВисцВег* (пароксизмальные висцерально-вегетативные нарушения) наиболее информативным признаком на ЭКГ оказалось наличие точки или волны в V5 (*V5 ТочВолн*) в сочетании с частыми соматическими заболеваниями в анамнезе, активными жалобами, наличием неврологических нарушений и эндокринной стигматизации. Причем, для системных дисфункций характерен также высокий зубец T в V3;

6 для интегральных показателей *ИнтОцВегСфВейн* и *КачОцВегСф* выделилась четкая группа объясняющих признаков: наличие точки или волны в V5, ЧМТ и частые соматические заболевания в анамнезе, активные жалобы, эндокринная стигматизация, возможно пониженное АД. В качестве дополнительных признаков для *КачОцВегСф* отмечается повышение систолического АД и индекса централизации КИГИЦ.

### **Заключение**

1. В результате обследования согласно квантифицированной карте группы из 100 подростков у 76% из них был обнаружен СРРЖ.

2. Результаты работы (построенные модели факторного анализа и экспресс-диагноза ВД) подтвердили достоверность выдвинутой гипотезы о наличии связи СРРЖ с вегетативной

дистонией у мальчиков подросткового возраста. Выяснилось, что при корректной оцифровке и математической обработке исходных данных снятые с ЭКГ характеристики, антропометрические и инструментальные показатели АД могут вносить в формирование диагноза ВД гораздо больший вклад, чем это обычно считалось. В частности, наиболее высокая информативность из всех признаков СРРЖ была выявлена у показателя наличия точки или волны в отведении V5 ЭКГ. С учетом того, что такого рода данные относятся к результатам массового обследования, доступны и не требуют значительных временных и финансовых затрат, более полное использование содержащейся в них информации становится весьма актуальным.

3. В процессе формирования математических моделей экспресс-диагноза ВД было выявлено несколько методологических и методических ошибок в общепринятом подходе к анализу медицинских данных. Так, традиционно стараются работать не с первичным материалом (например, непосредственно с ответами пациента на каждый вопрос опросника Вейна), а с признаками суммарного характера (интегральная оценка ВД по Вейну). Многие из таких интегральных признаков в свое время были построены для простоты анализа в рамках определенных задач и в них содержится гораздо меньше полезной информации, чем в исходных данных. В условиях современных возможностей компьютерного анализа к преждевременным упрощениям исходных данных нужно подходить с особой тщательностью. Что же касается интегрирования данных в процессе анализа, то здесь оно уже будет проводиться под контролем специалиста и оптимизирующих компьютерных программ применительно к конкретной исследовательской задаче.

4. В качестве отдельного результата проведенного исследования можно считать то, что оно продемонстрировало работоспособность и эффективность методики совместного анализа разнотипных данных (электрокардиографических, инструментальных, антропометрических и клинических) и построения путем обучения на представительной выборке подростков моделей экспресс-диагноза ВД.

5. В процессе построения модели факторного анализа и экспресс-диагноза ВД обнаружилась неинформативность предложенной первоначально рубрикации ВД из 4 классов. Так, классы 3, 4 и 5 рубрикации состоят из нескольких подклассов, с существенно отличающимися наборами информативных симптомов и их значений, что говорит о необходимости продолжения исследования и разработки более дифференцированной рубрикации ВД.

**Практические рекомендации.** Следует отметить, что использованный в работе перечень данных массового обследования далеко не полный. Можно бы было, в частности, привлечь данные ортостатической пробы, биохимии крови, психометрического теста Люшера, и материалы компьютерной иридодиагностики. С учетом этого полученные модели экспресс-диагноза ВД могут быть значительно улучшены.

На их основе предлагается разработать комплексную систему автоматизированного экспресс-диагноза вегетативной дистонии у подростков на региональном уровне для Гомельской области, воспользовавшись для этого данными массового медицинского обследования мальчиков призывного возраста. Одним из резервов повышения эффективности и надежности при создании такой комплексной системы явилось бы существенное увеличение объема обучающей выборки (то есть группы подростков с полным набором данных массового обследования и детальным клиническим анализом вегетативной сферы).

**Резюме.** Решается задача наработки опыта применения конкретных методических приемов, обеспечивающих корректность обработки статистических данных в медицинском исследовании. Описывается способ проведения врачом экспресс-диагностики вегетативной дистонии у подростков с использованием методологической и методической базы, позволяющей построить цельную картину взаимосвязи исследуемых процессов и по результатам моделирования получить новые и полезные выводы

**Abstract.** The problem of an operating time of the concrete methodical reception application experience providing correctness of the statistical data processing in a medical research is considered. The way of doctor's carrying out teenagers' vegetative dystonia express diagnostics with the use of

methodological and methodical base is described, allowing to construct an integral picture of investigated process interrelation and by modeling results to receive new and useful conclusions.

### Литература

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: основы моделирования и первичная обработка данных: Справочное изд. / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин // М.: Финансы и статистика. 1983. – 472с.
2. Бронский, В.И. Приспособительные психофизиологические механизмы и психосоматическое здоровье критических групп населения на радиоактивно загрязненных территориях. – Гомель: ИММС НАНБ. – 1999. – 187 с.
3. Вейн, А.М. Вегетативная дистония: Справочное изд. / А.М. Вейн, Н.А. Яковлев, Т.А. Слюсарь – М.: Мир, 1996. – 373с.
4. Стрибук, П. Н. Выявление причинно-следственных связей в компьютерном моделировании социальных и природных систем / П.Н.Стрибук, А.Н.Осипенко, Н. Б. Осипенко // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2002. – №6(15). – С.105–109.
5. Осипенко, Н. Б. Проблема обеспечения корректности корреляционно-регрессионного анализа данных на примере диагностики вегетативной дистонии / А.Н.Осипенко, Н. Б. Осипенко // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2008. – №5(50). – С.86–89.

Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины

Поступило 19.04.10

## Критерий оптимальности для задачи управления с негладким критерием качества

Г. Л. КАРАСЕВА

**Введение.** Задачи оптимального управления с фазовыми ограничениями относятся к классу сложнейших экстремальных задач. С результатами качественной теории таких задач можно ознакомиться в [1, 2]. В работах [3, 4] основное внимание уделено конструктивным вопросам. В данной работе рассматривается специальная задача оптимального управления с негладким критерием качества, которая может быть сведена к линейной задаче оптимального управления с фазовыми ограничениями. Для неё сформулирован конструктивный критерий оптимальности.

**1 Постановка задачи.** В классе кусочно-непрерывных функций рассмотрим задачу:

$$\begin{aligned} \max_{t \in T} |d'x(t)| \rightarrow \min \\ \dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0, \quad Hx(t^*) = g, \\ |u(t)| \leq 1, \quad t \in T = [0, t^*]. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $x = x(t) \in R^n$ ,  $u = u(t) \in R$ ,  $A$  – постоянная  $n \times n$  – матрица,  $H \in R^{m \times n}$ ;  $\text{rank} H = m < n$ ,  $b$ ,  $d$  – заданные векторы соответствующих размеров.

Формально задача (1) записана без фазовых ограничений, но имеет негладкий критерий качества. Задача (1) эквивалентна задаче оптимального управления с фазовыми ограничениями

$$\begin{aligned} J(\alpha, u) = -\alpha \rightarrow \max_{\alpha, u}, \\ \dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0, \quad Hx(t^*) = g, \\ |d'x(t)| \leq \alpha, \quad |u(t)| \leq 1, \quad t \in T = [0, t^*]. \end{aligned} \quad (2)$$

Введем обозначения:  $u(\cdot) = (u(t), t \in T)$ ,  $x(\cdot) = (x(t), t \in T)$ , которые будем использовать в дальнейшем.

**Определение 1** Пара  $(\alpha, u(\cdot))$  и соответствующая ей траектория  $x(\cdot)$  называется допустимыми, если они удовлетворяют всем ограничениям задачи (2).

**Определение 2** Оптимальными будем называть допустимую пару  $(\alpha^0, u^0(\cdot))$  и соответствующую ей траекторию  $x^0(\cdot)$ , на которых критерий качества  $J(\alpha, u)$  задачи (2) достигает максимального значения.

**Определение 3** Допустимую пару  $(\alpha^\varepsilon, u^\varepsilon(\cdot))$ , для которой выполняется неравенство  $J(\alpha^0, u^0(\cdot)) - J(\alpha^\varepsilon, u^\varepsilon(\cdot)) \leq \varepsilon$ , будем называть  $\varepsilon$ -оптимальным (субоптимальным) управлением.

Будем считать, что  $d'b \neq 0$ , и ограничения задачи (2) удовлетворяют условию типа Слейтера, т.е. для некоторого числа  $\delta > 0$ , любого  $\Delta g \in R^m$ ,  $\|\Delta g\| < \delta$ , существует такое кусочно-непрерывное управление  $\bar{u}(\cdot)$ , что вдоль него и соответствующей ему траектории

$\bar{x}(\cdot)$  выполняются соотношения:

$$|\bar{u}(t)| < 1, \quad t \in T; \quad H\bar{x}(t^*) = g + \Delta g.$$

**2 Формула приращения критерия качества.** Рассмотрим произвольную совокупность отрезков  $T_i = [\tau_i, \tau^i]$ ,  $\tau_i \leq \tau^i < \tau_{i+1}$ ,  $i \in N = \{1, \dots, p\}$ ;  $N_* = \{i \in N : \tau_i < \tau^i\}$ ,  $N_0 = N \setminus N_*$ ,  $N = N^+ \cup N^-$ ,  $N^+ \cap N^- = \emptyset$ ,  $N_* = N_*^+ \cup N_*^-$ ,  $N_*^+ \cap N_*^- = \emptyset$ . Наряду с допустимой парой  $(\alpha, u(\cdot))$  и соответствующей ей траекторией  $x(\cdot)$  рассмотрим произвольную пару  $(\tilde{\alpha}, \tilde{u}(\cdot))$  и соответствующую ей траекторию  $\tilde{x}(\cdot)$ . Обозначим:

$$\Delta\alpha = \tilde{\alpha} - \alpha, \quad \Delta x(t) = \tilde{x}(t) - x(t), \quad (3)$$

$$\Delta z_1(t) = d'\Delta x(t) - \Delta\alpha, \quad t \in T, \quad \Delta z_2(t) = d'\Delta x(t) + \Delta\alpha, \quad t \in T. \quad (4)$$

В силу допустимости пар  $(\alpha, u(\cdot))$ ,  $(\tilde{\alpha}, \tilde{u}(\cdot))$  имеют места равенства:

$$H\Delta x(t^*) = 0, \quad (5)$$

$$d'\Delta x(\tau_i) - \Delta\alpha = \Delta z_1(\tau_i), \quad i \in N^+; \quad d'\Delta x(\tau_i) + \Delta\alpha = \Delta z_2(\tau_i), \quad i \in N^-; \quad (6)$$

$$d'\Delta x(\tau^i) - \Delta\alpha = \Delta z_1(\tau^i), \quad i \in N_*^+; \quad d'\Delta x(\tau^i) + \Delta\alpha = \Delta z_2(\tau^i), \quad i \in N_*^-. \quad (7)$$

Подсчитаем приращение критерия качества:

$$\Delta J(\alpha, u) = -\Delta\alpha. \quad (8)$$

Пусть  $\mu(t)$ ,  $\eta(t)$ ,  $t \in T$ ;  $y \in R^m$ ;  $v_i$ ,  $i \in N$ ;  $v^i$ ,  $i \in N_*$ , -произвольные кусочно-непрерывные функции, вектор и числа. Умножим на них соответственно соотношения (4) – (7). Результат прибавим к (8). Получим:

$$\begin{aligned} \Delta J(\alpha, u) = & -\Delta\alpha - y'H\Delta x(t^*) + \sum_{i \in N^+} (-d'\Delta x(\tau_i) + \Delta\alpha)v_i + \\ & + \sum_{i \in N^+} \Delta z_1(\tau_i)v_i + \sum_{i \in N^-} (-d'\Delta x(\tau_i) - \Delta\alpha)v_i + \sum_{i \in N^-} \Delta z_2(\tau_i)v_i + \\ & + \sum_{i \in N_*^+} (-d'\Delta x(\tau^i) + \Delta\alpha)v^i + \sum_{i \in N_*^+} \Delta z_1(\tau^i)v^i + \sum_{i \in N_*^-} (-d'\Delta x(\tau^i) + \Delta\alpha)v^i + \\ & + \sum_{i \in N_*^-} \Delta z_2(\tau^i)v^i + \int_T (d'\Delta x(\tau^i) - \Delta\alpha)\mu(t)dt - \int_T \mu(t)\Delta z_1(t)dt + \\ & + \int_T (d'\Delta x(\tau^i) + \Delta\alpha)\eta(t)dt - \int_T \eta(t)\Delta z_2(t)dt \end{aligned} \quad (9)$$

Подставим в (9) выражение приращения траектории  $\Delta x(t)$ ,  $t \in T$ , через приращения управления с помощью формулы Коши. Проинтегрируем и применим элементарные преобразования, приведем подобные и получим:

$$\begin{aligned} \Delta J(\alpha, u) = & \left( -1 + \sum_{i \in N^+} v_i - \sum_{i \in N^-} v_i + \sum_{i \in N_*^+} v^i - \sum_{i \in N_*^-} v^i + \int_T (\eta(t) + \mu(t))dt \right) \Delta\alpha + \\ & \int_0^{t^*} \left[ -y'HF(t^*, t) - \sum_{i \in N} d'v_i F(\tau_i, t) - \sum_{i \in N_*} d'v^i F(\tau^i, t) + \right. \\ & \left. + \int_t^{t^*} d'F(\tau, t)(\mu(t) + \eta(t))d\tau \right] b\Delta u(t)dt + \sum_{i \in N^+} \Delta z_1(\tau_i)v_i + \sum_{i \in N^-} \Delta z_2(\tau_i)v_i + \\ & + \sum_{i \in N_*^+} \Delta z_1(\tau^i)v^i + \sum_{i \in N_*^-} \Delta z_2(\tau^i)v^i - \int_T \mu(t)\Delta z_1(t)dt - \int_T \eta(t)\Delta z_2(t)dt. \end{aligned} \quad (10)$$

Здесь  $F(t, \tau)$  – фундаментальная матрица решений уравнения  $\dot{x} = Ax$ .

Обозначим:

$$\begin{aligned} \varphi'(t) = & -y'HF(t^*, t) - \sum_{i \in N} d'v_i F(\tau_i, t) - \sum_{i \in N_*} d'v^i F(\tau^i, t) + \\ & + \int_t^{t^*} d'F(\tau, t) \xi(t) dt, \quad \xi(t) = \mu(t) + \eta(t), \quad t \in T. \end{aligned} \quad (11)$$

Функция  $\varphi(t)$ ,  $t \in T$ , (11) является решением уравнения

$$\dot{\varphi} = -A'\varphi - d\xi(t) \quad (12)$$

с начальным условием

$$\varphi(t^*) = -H'y \quad (13)$$

и условиями скачков

$$\varphi(\tau_i) = \varphi(\tau_i + 0) - dv_i, \quad i \in N; \quad \varphi(\tau^i) = \varphi(\tau^i + 0) - dv^i, \quad i \in N_*. \quad (14)$$

С учётом (11) формула приращения критерия качества (10) приращение имеет вид:

$$\begin{aligned} \Delta J(\alpha, u) = & \left( -1 + \sum_{i \in N^+} v_i - \sum_{i \in N^-} v_i + \sum_{i \in N_*^+} v^i - \sum_{i \in N_*^-} v^i + \int_T |\xi(t)| dt \right) \Delta \alpha + \\ & + \int_T \varphi'(t) b \Delta u(t) dt + \sum_{i \in N^+} \Delta z_1(\tau_i) v_i + \sum_{i \in N^-} \Delta z_2(\tau_i) v_i + \\ & + \sum_{i \in N_*^+} \Delta z_1(\tau^i) v^i + \sum_{i \in N_*^-} \Delta z_2(\tau^i) v^i - \int_T \mu(t) \Delta z_1(t) dt - \int_T \eta(t) \Delta z_2(t) dt. \end{aligned} \quad (15)$$

Формула (15) справедлива при любом выборе точек  $\tau_i$ ,  $i \in N$ ;  $\tau^i$ ,  $i \in N_*$ ; векторе  $y$ , чисел  $v_i$ ,  $i \in N$ ;  $v^i$ ,  $i \in N_*$ ; и кусочно-непрерывных функций  $\mu(t)$ ,  $\eta(t)$ ,  $t \in T$ .

**3 Критерий оптимальности.** Рассмотрим множества:

$$\begin{aligned} T_a = & \{t \in T : |d'x(t)| = \alpha\} = \bigcup_{i \in N_a} T_{ai}, \\ T_{ai} = & [\tau_i, \tau^i], \quad \tau_i \leq \tau^i < \tau_{i+1}, \quad i \in N_a = \{1, \dots, n_0\}; \\ N_a^+ = & \{i \in N_a : d'x(t) - \alpha = 0, \quad t \in T_{ai}\}, \quad N_a^- = N_a \setminus N_a^+, \\ N_{a^*}^+ = & \{i \in N_a^+ : \tau_i < \tau^i\}, \quad N_{a_0}^+ = N_a^+ \setminus N_{a^*}^+, \quad N_{a^*}^- = \{i \in N_a^- : \tau_i < \tau^i\}, \quad N_{a_0}^- = N_a^- \setminus N_{a^*}^-, \\ N_{a^*} = & N_{a^*}^+ \cup N_{a^*}^-, \quad N_{a_0} = N_{a_0}^+ \cup N_{a_0}^-, \quad T_{na} = T \setminus \bigcup_{i \in N_{a^*}} T_{ai}, \end{aligned} \quad (16)$$

построенные по допустимой паре  $(\alpha, u(\cdot))$  и соответствующей ей траектории.

**Определение 4** Допустимая пара  $(\alpha, u(\cdot))$  называется регулярной, если множество  $T_{a^*} = \{t \in T_a : |u(t)| = 1\}$  состоит из конечного числа точек и  $n_0 < \infty$ .

Если в системе (12) – (14) в качестве отрезков  $T_i$ ,  $i \in N$ , взять отрезки  $T_{ai}$ , построенные согласно (16), тогда получим сопряженную систему вида

$$\begin{aligned} \dot{\varphi} = & -A'\varphi - d\xi(t), \quad \varphi(t^*) = -H'y, \\ \varphi(\tau_i) = & \varphi(\tau_i + 0) - dv_i, \quad i \in N_a; \quad \varphi(\tau^i) = \varphi(\tau^i + 0) - dv^i, \quad i \in N_{a^*}. \end{aligned} \quad (17)$$

Справедлива

**Теорема 1. (Критерий оптимальности)** Пусть в задаче (2) выполняется условие Слейтера. Тогда для оптимальности регулярной пары  $(\alpha, u(\cdot))$  в задаче (2) необходимо и достаточно существования таких кусочно-непрерывной функции  $\xi(t)$ ,  $t \in T$ , вектора  $y \in R^m$  и чисел

$$(v_i, \quad i \in N_a; \quad v^i, \quad i \in N_{a^*}), \quad \int_T |\xi(t)| dt + \sum_{i \in N_a} |v_i| + \sum_{i \in N_{a^*}} |v^i| = 1,$$

что вдоль соответствующего им решения сопряжённой системы (17) и пары  $(\alpha, u(\cdot))$  выполняются соотношения:

$$\begin{aligned} \varphi'(t)bu(t) &= \max_{|u| \leq 1} \varphi'(t)bu, \quad t \in T; \\ -\xi(t)d'x(t) &= \max_{|\gamma| \leq \alpha} -\xi(t)\gamma, \quad t \in T; \\ v_i d'x(\tau_i) &= \max_{|\gamma| \leq \alpha} v_i \gamma, \quad i \in N; \quad v^i d'x(\tau^i) = \max_{|\gamma| \leq \alpha} v^i \gamma, \quad i \in N_*. \end{aligned} \quad (18)$$

Из соотношений (18) следует, что на регулярной оптимальной паре  $(\alpha, u(\cdot))$  должны иметь места равенства:

$$\varphi'(t)b = 0, \quad t \in T_{ai}, i \in N_{a^*}; \quad \xi(t) = 0, \quad t \in T_{na} \quad (19)$$

Наряду с сопряжённой системой (12) – (14) рассмотрим систему

$$\begin{aligned} \psi' &= -\psi' A(t), \quad \psi'(t^*) = -y'H, \\ \psi(\tau_i - 0) &= \psi(\tau_i + 0) - d\bar{v}_i, \quad i \in N; \end{aligned} \quad (20)$$

где

$$A(t) = A, \quad t \in T \setminus \bigcup_{i \in N_*} T_i, \quad A(t) = ZA, \quad t \in T_i, \quad i \in N_*. \quad (21)$$

Сформулируем критерий оптимальности в терминах системы (20), где в качестве отрезков  $T_i$ ,  $i \in N$ , взяты отрезки  $T_{ai}$ , постоянные согласно (16).

**Теорема 2.** Пусть ограничения задачи (2) удовлетворяют условиям типа Слейтера. Тогда для оптимальности регулярной пары  $(\alpha, u(\cdot))$  в задаче (2) необходимо и достаточно существования такого вектора  $v = (\bar{v}_i, i \in N_a; y)$ , что вдоль соответствующего ему решения  $\psi(\cdot)$  системы (20) и пары  $(\alpha, u(\cdot))$  выполняются соотношения:

$$\begin{aligned} \sum_{i \in N_a} \bar{v}_i &\neq 0; \\ \psi'(t)bu(t) &= \max_{|u| \leq 1} \psi'(t)bu, \quad t \in T_{na}; \\ \frac{\psi'(\tau^i)b}{d'b} &\begin{cases} \geq 0, & i \in N_{a^*}^+, \\ \leq 0, & i \in N_{a^*}^-; \end{cases} \quad \bar{v}_i - \frac{\psi'(\tau_i + 0)b}{d'b} \begin{cases} \geq 0, & i \in N_{a^*}^+, \\ \leq 0, & i \in N_{a^*}^-; \end{cases} \\ \frac{\psi'(t)A(t)b}{d'b} &\begin{cases} \geq 0, & t \in T_{ai}, i \in N_{a^*}^+, \\ \leq 0, & t \in T_{ai}, i \in N_{a^*}^-; \end{cases} \quad \bar{v}_i \begin{cases} \geq 0, & i \in N_{a0}^+, \\ \leq 0, & i \in N_{a0}^-; \end{cases} \end{aligned} \quad (22)$$

Рассмотрим допустимую пару  $(\alpha, u(\cdot))$  и соответствующие ей множества (16). Обозначим:

$$T_{n0} = \{t \in T_{na} : |u(t-0) + u(t+0)|/2 < 1\} = \{t_j, j \in \bar{J}\}, \quad \bar{J} = \{1, 2, \dots, \bar{p}\}.$$

**Определение 5.** Регулярная пара  $(\alpha, u(\cdot))$  называется невырожденной, если найдётся такое множество  $J_* \subset \bar{J}$ , что  $\det P_{on} \neq 0$ ,

$$P_{on} = \begin{bmatrix} a_i, & d'\Phi(\tau_i, t_j)b, & j \in J_* \\ 0 & H\Phi(t^*, t_j)b, & j \in J_* \end{bmatrix}_{i \in N_a},$$

где  $a_i = -1$  при  $i \in N_a^+$ ;  $a_i = 1$  при  $i \in N_a^-$ .

Здесь  $\Phi(t, \tau)$ ,  $t \geq \tau$ , – фундаментальная матрица решений уравнений  $\dot{x} = A(t)x$ . Считаем, что  $\Phi(t, \tau) \equiv 0$ , при  $t < \tau$ .

Пусть  $(\alpha, u(\cdot))$  – невырожденная пара. Подсчитаем вектор

$$\hat{v} = (\bar{v}_i, i \in N_a; y) = -q_{(1)}, \quad (23)$$

где  $-q_{(1)}$  первая строка матрицы  $Q = P_{on}^{-1}$ .

**Следствие 1.** Для оптимальности невырожденной пары в задаче (2) необходимо и достаточно, чтобы вдоль пары  $(\alpha, u(\cdot))$  и решения  $\psi(\cdot)$  системы (20), соответствующего вектору  $\hat{v}$  (23) выполнялись соотношения (22).

Критерий оптимальности (22) носит конструктивный характер, т.к. при его формулировке не используются меры. Согласно теореме 2, исходная бесконечномерная проблема сводится к поиску конечного вектора скачков. С точки зрения разработки численных методов это имеет большое значение, т.к. позволяет использовать критерий оптимальности для построения эффективного алгоритма решения задачи (2).

**Резюме.** В статье приводится конструктивное построение критерия оптимальности для специальной задачи оптимального управления с фазовыми ограничениями.

**Abstract.** The optimality criterion construction for a special optimum control problem with phase restrictions is given in the article.

### Литература

1 Понтрягин, Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С.Понтрягин, В.Г.Болтянский, Р.В.Гамкрелидзе, С.Ф.Мищенко – М.: Наука, 1969. – 384 с.

2 Габасов, Р.Ф. Конструктивные методы оптимизации. Ч.2. Задачи управления / Р.Ф.Габасов, Ф.М.Кириллова – Мн.: Изд-во: «Университетское», 1984 – 205 с.

3 Костюкова, О.И. Конечный алгоритм оптимизации линейной динамической системы со смешанными ограничениями // О.И.Костюкова: Препринт. – Мн.: АН БССР, Институт математики, 1990. – 35 с.

4 Костюкова, О.И. Оптимизация линейных динамических систем с фазовыми ограничениями // О.И.Костюкова: Препринт. – Мн.: АН БССР, Институт математики, 1999. – 30 с.

Гомельский государственный  
университет имени Ф. Скорины

Поступило 30.03.10

## Построение динамической модели предметной области для решения сложно структурированных задач

А. В. КАРКАНИЦА

### Введение

В условиях динамично меняющейся внешней среды и в результате глобализации общества появляется множество задач с новыми свойствами. В частности, наблюдается рост количества сложно структурированных задач с недостаточно формализованной предметной областью и большим количеством удаленных источников информации. Эти «новые задачи» можно охарактеризовать как задачи, для решения которых требуется «внешняя» информация, т.е. информация, которая имеется в распределенных источниках глобальной среды. Типичным примером данной группы задач является задача поддержки выполнения заказных проектов (в том числе, IT-проектов), которые инициируются в одной стране, а выполняются распределенными коллективами исполнителей в других странах [1]. Предметная область такого рода задач обладает структурой, процесс моделирования которой не может быть закончен в ограниченный период времени, так как объекты предметной области могут менять свое состояние и структуру на протяжении всего жизненного цикла (от появления до исчезновения).

На практике таких задач значительно больше и, несмотря на различия в постановках, суть их одинакова: имеется задача, предметная область которой формируется из множества источников информации, распределенных в глобальной среде. Решение задачи должно носить оперативный характер в силу того, что в условиях ускорения динамики бизнес-процессов знания быстро устаревают. Основные требования к решению – актуальность, точность и полнота предметной области.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в настоящее время актуальна проблема разработки технологии, которая должна поддерживать выполнение проектов территориально распределенными группами исполнителей, обеспечивать независимость времени реализации проекта от количества исполнителей, автоматизировать процесс отображения материалов проекта в компьютерную систему [2]. В свою очередь, модели предметных областей должны отражать не только состояние и структуру на момент проектирования и реализации программной системы, но и иметь внутренние механизмы динамической адаптации (в том числе и структурной) модели предметной области на протяжении всего ее жизненного цикла.

### Анализ нового класса задач

Типичная схема распределенного решения сложных задач несколькими исполнителями включает следующие этапы [3]:

1 центральный орган (руководитель) проводит декомпозицию исходной проблемы на отдельные задачи;

2 задачи распределяются между исполнителями;

3 каждый исполнитель решает свою задачу или снова разделяет ее на подзадачи, обращаясь за помощью к другим исполнителям;

4 для получения общего результата производится композиция частных результатов, соответствующих выделенным задачам.

Двумя важнейшими аспектами в этой схеме являются распределение задач между исполнителями и объединение результатов. На этапе декомпозиции центр может провести разбиение задачи на подзадачи, но не способен найти их решение ввиду ограничений (компе-

тенция, ресурсы, время). Возникает необходимость распределения задач. После получения частных результатов возникает проблема их согласования и интеграции.

Таким образом, онтология предметной области строится в процессе совместной деятельности групп экспертов. Автоматизация этого процесса требует создания программной системы, которая будет поддерживать совместную согласованную работу по формированию онтологии предметной области географически распределенной экспертной группой.

Уточним основополагающие понятия, связанные с описанным классом задач и построим онтологическую модель задачи в ее первом приближении. Для этого используем онтологический подход, стандартизованный в IDEF5 и допускающий уточнение каждого компонента первичной модели [4].

Задачу (**Task**) определим как совокупность следующих составляющих: **S** – постановка задачи; **Req** – требования к решению; **Solution** – результат решения задачи, представленный в форме компьютерной системы:

$$\mathbf{Task} = (\mathbf{S}, \mathbf{Req}, \mathbf{Solution}) \quad (1)$$

Рассматриваемый класс задач решается коллективом распределенных исполнителей, который определим как группу (**Group**), включающую центр (**Center**), инициирующий задачу, и распределенных исполнителей (**Expert**), реализующих решение подзадач:

$$\mathbf{Group} = (\mathbf{Center}, \mathbf{Expert}^1, \mathbf{Expert}^2, \dots, \mathbf{Expert}^n) \quad (2)$$

Объединив кортежи (1), (2), уточним модель задачи:

$$\mathbf{Task} = (\mathbf{S}, \mathbf{Req}, \mathbf{Group}, \mathbf{Solution}) \quad (3)$$

Свойство структурированности **Task** подразумевает декомпозицию исходной задачи **S** на подзадачи  $\mathbf{S}^1, \mathbf{S}^2, \dots, \mathbf{S}^n$ , а необходимость оперативного получения решения накладывает ограничения по времени (**T**). Формализованная информация, полученная в процессе решения подзадач, в сумме составляет решение **Task**:

$$\mathbf{Solution} = \mathbf{Solution}^1 + \mathbf{Solution}^2 + \dots \mathbf{Solution}^n \quad (4)$$

Соответственно уточним модель задачи:

$$\mathbf{Task} = (\mathbf{S}, \mathbf{Group}, \mathbf{S}^1, \dots, \mathbf{S}^n, \mathbf{Req}^1, \dots, \mathbf{Req}^k, \mathbf{Solution}^1, \dots, \mathbf{Solution}^n, \mathbf{T}^1, \dots, \mathbf{T}^n), \quad (5)$$

где  $n \rightarrow \infty$ ,  $k$  – переменная величина.

Описанный класс задач определим как сложно структурированные задачи (CC3). Анализируя компоненты модели (5), выделим общие свойства нового класса задач:

*C1. Сложная структура* задачи определяется наличием в модели элементов  $\mathbf{S}^1, \dots, \mathbf{S}^n$ , определяющих иерархию подзадач исходной задачи;

*C2. Распределенность* – онтология предметной области формируется группой экспертов **Group**;

*C3. Фрагментарность* – решение целевой задачи представлено совокупностью решений подзадач (фрагментов)  $\mathbf{Solution}^1, \dots, \mathbf{Solution}^n$ ;

*C4. Динамичность* – топология подзадач меняется по мере подключения новых исполнителей или прекращения работы старых, т.е. количество источников формализованной информации велико и заранее неизвестно ( $n \rightarrow \infty$ );

*C5. Масштабность* – группа экспертов ( $\mathbf{Center}, \mathbf{Expert}^1, \mathbf{Expert}^2, \dots, \mathbf{Expert}^n$ ) формируется из многочисленных географически распределенных коллективов, находящихся в глобальной среде и использующих глобальные коммуникации.

Предметную область **Y** сложноструктурированной задачи определим как формализованную информацию, необходимую и достаточную для решения исходной задачи и будем считать ее целевой, если она содержит паттерны знаний, обеспечивающие решение всех подзадач.

$$\mathbf{Y} = \mathbf{Pat}^1 + \mathbf{Pat}^2 + \dots \mathbf{Pat}^n, \\ \mathbf{Pat}^i = \mathbf{Solution}^i = (\mathbf{S}^i, \mathbf{Sol}^i), \quad (6)$$

где  $\mathbf{S}^i$  – постановка подзадачи,  $\mathbf{Sol}^i$  – ее практическое решение

Из свойств модели задачи логично вытекают свойства предметной области: распределенность, фрагментарность, динамичность.

### Постановка задачи исследования

Очевидно, что для оперативного решения ССЗ требуется создание компьютерной системы поддержки деятельности распределенных экспертных групп по разработке онологий предметных областей. В рамках этой задачи требуется автоматизировать процесс формирования предметной области. Соответственно выделяется задача на разработку средства автоматизации формирования предметных областей, обеспечивающего согласованную совместную работу распределенных экспертных коллективов.

Постановку задачи сформулируем следующим образом:

Пусть имеется некоторая сложно структурированная задача **Task**, включающая постановку общей задачи **S** и **n** ее атомарных подзадач:

$$\mathbf{Task} = (\mathbf{S}, \mathbf{S}^1, \dots, \mathbf{S}^n), n \rightarrow \infty$$

В рамках каждой подзадачи известен текст постановки задачи **Text**, спецификация требований **Req** и ограничения на время решения **Time**, описанные кортежем:

$$\mathbf{S}^i = (\mathbf{Text}^i, \mathbf{Req}^i, \mathbf{Time}^i), \mathbf{Time}^i \rightarrow 0$$

В решении задачи участвуют центр **Center** и **k** территориально распределенных исполнителей **Expert<sup>1</sup>, Expert<sup>2</sup>, ..., Expert<sup>k</sup>**.

Для решения задачи **S** необходимы информационные ресурсы **Z<sup>i</sup>** (знания), в сумме составляющие предметную область **Y**.

Требуется разработать средство автоматизации формирования ПрО **Y** на основе знаний **Z<sup>i</sup>**, полученных из **k** удаленных экспертных источников **Expert<sup>1</sup>, Expert<sup>2</sup>, ..., Expert<sup>k</sup>**, при условии, что **Time<sup>i</sup> → 0, n → ∞**. Результатом решения должна быть формализованная предметная область.

В основе решения поставленной задачи лежит предметная область, следовательно, прежде всего, необходимо разработать ее модель, удовлетворяющую описанным выше свойствам. Только после этого можно перейти к этапу разработки средства ее использования распределенными группами экспертов.

### Моделирование предметной области ССЗ

Представим процесс формирования предметной области совокупностью следующих типовых подпроцессов:

1 процесс моделирования **P1**: на вход процесса поступает исходная задача **S**, выполняется ее декомпозиция на подзадачи, построение концептуальной и физической модели, на выходе процесса модель ПрО – **modY**;

2 процесс добычи знаний **P2**, релевантных подзадачам: на входе процесса модель предметной области **modY**, на выходе – совокупность знаний **Solution**, представляющих решение подзадач;

3 процесс формирования ПрО **P3**: на входе процесса – **Solution**, на выходе – формализованная ПрО.

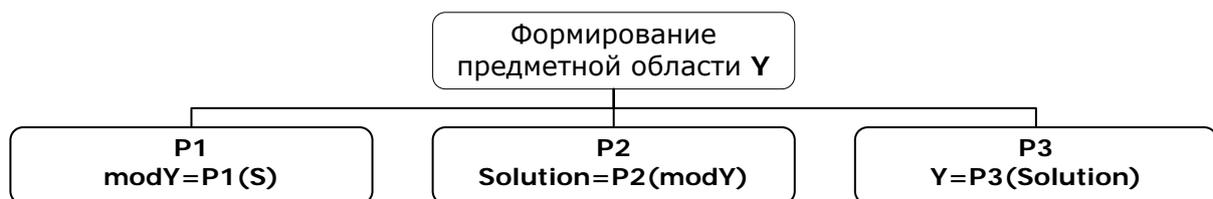


Рисунок 1 – Основные процессы построения ПрО

В настоящее время для решения задачи моделирования ПрО (процесс **P1**) наибольшее распространение получил подход Питера Пин-Чена, известный как структурная методология. Моделирование предметной области базируется на использовании графических диаграмм, включающих небольшое число разнородных компонентов. Смысл подхода заключа-

ется в структурировании важной семантической информации о предметной области путем выделения значимых сущностей (entity) и связей (relationship). Связи между сущностями представляются в форме иерархии, известной как ERD-диаграммы [5]. Онтологическая модель предметной области, согласно подходу Чена, определяется следующим образом:

$$\text{modY}=(\text{Entity, Relation, ERD}), \quad (7)$$

где Entity – конечное множество значимых сущностей предметной области, Relation – множество типов связей между сущностями, ERD – диаграммы, представляющие иерархию связей между сущностями. Алгоритм построения модели ПрО следующий:

- 1 проанализировать задачу S;
- 2 выделить сущности  $\text{entity}^1, \dots, \text{entity}^n$ ;
- 3 идентифицировать сущности с помощью ключевых атрибутов;
- 4 определить связи  $\text{Relationship}^m=f(\text{entity}^i, \text{entity}^j)$ ;
- 5 построить иерархию связей;
- 6 построить ERD-модель.

Можно выделить очевидные достоинства методологии «сущность – связь»:

- принцип декомпозиции, заложенный в основу методологии, позволяет получать решение сложных проблем путем их разбиения на простые независимые подзадачи;
- очевидная простота реализации алгоритма построения модели позволяет обеспечить быстроту формирования ПрО;
- жесткость, статичность, неделимость модели, ее ориентация на локальное применение позволяют автоматизировать процесс формирования ПрО.

Рассмотрим вопрос применимости методологии П. Чена для построения модели ПрО сложно структурированных задач. Значимыми сущностями в контексте рассматриваемого класса ССЗ являются подзадачи  $S^1, \dots, S^n$  и исполнители  $\text{Expert}^1, \text{Expert}^2, \dots, \text{Expert}^n$ . Применение алгоритма Чена позволит получить ERD-модель в виде ациклического графа, узлы которого определяют иерархию подзадач и назначение исполнителей, а дуги – уровень их вложенности. Однако это возможно в случае, когда изначально центром строго определена декомпозиция исходной задачи на подзадачи, т.е. известно их количество  $n$  и определена группа экспертов. Анализ компонентов модели (7) и свойств задачи (5) позволяет выявить существенные несоответствия свойств С2, С3, С4 нового класса задач со свойствами онтологической модели ПрО, построенной согласно подходу П.Чена:

- статичность модели не позволяет модифицировать ее за счет компетенции удаленных экспертов – не удовлетворяется свойство динамичности;
- неделимость модели противоречит свойству фрагментарности ССЗ;
- ориентация средств построения модели на локальные группы исполнителей осложняет их использование территориально распределенными экспертами – не удовлетворяется свойство распределенности.

В силу выявленных противоречий делаем вывод о том, что прямое использование модели и алгоритма П.Чена для построения модели ПрО задачи (5) невозможно. В случае ССЗ основные процессы формирования ПрО реализуются множеством удаленных экспертов, что требует соответствующей коррекции модели ПрО, алгоритмов реализации процессов P1, P2, P3 и организации специальных средств коммуникации.

Следует все же отметить, что модель П. Чена успешно используется на начальных этапах проектирования программных систем и в случае, если:

- коллектив исполнителей обладает достаточным объемом знаний для компетентной декомпозиции задачи и формирования ПрО;
- исходная задача **Task** хорошо структурированная, количество атомарных подзадач  $n$  заранее известно и конечно;
- предметная область **Y** статичная, достаточно формализованная;
- уровень критичности параметра **Time** низкий.

Известные из литературы методологии формирования онтологии предметной области и методы разработки на их основе программных систем не охватывают случай сложно структурированных предметных областей [6]. Однако модель «сущность-связь» считается наиболее общей, из нее могут быть порождены все существующие модели данных (иерархическая, сетевая, реляционная, объектная), и поэтому она может быть взята за основу моделирования ПрО ССЗ. Предлагается модификация онтологической модели и алгоритма П. Чена с целью устранения свойства статичности и наделения модели свойством распределенности и фрагментарности.

Модель предметной области ССЗ должна удовлетворять свойствам С2, С3, С4 задачи (5). Проведем модификацию онтологической модели П. Чена за счет добавления динамического компонента, представленного фреймами **P** и **Z**:

$$\text{modY}=(\text{Entity, Relation, ERD} \mid \mathbf{P, Z}). \tag{8}$$

Структура фрейма **P** определяет постановку задачи эксперту: **Id** – идентификатор задачи; **Text** – текст постановки задачи; **Spec** – требования к решению. Слоты фрейма заполняются центром. Структура фрейма **Z** определяет шаблон решения задачи: **Y** – решение, **Tool** – средство реализации **Y**. Слоты фрейма **Z** пусты. В дальнейшем они уточняются за счет знаний экспертов.

Первые три компонента модели (8) представлены ERD-графом, вершиной которого является задача **S**, узлы (**Entity**) определяют иерархию подзадач, дуги (**Relation**) – уровень их вложенности. Фреймы **P** и **Z** включаются к терминальным узлам дерева. В результате модель представлена ациклическим графом с терминальными узлами, представленными фреймами и, в отличие от модели (7), состоит из двух частей: статической и динамической (рис. 2, 3, 4).

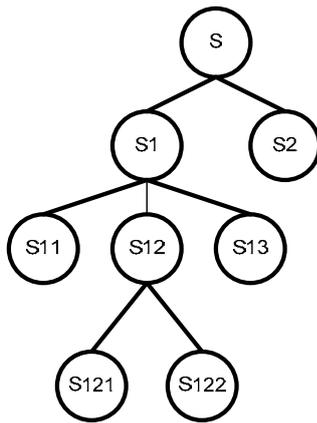


Рисунок 2 – Статическая часть модели ПрО

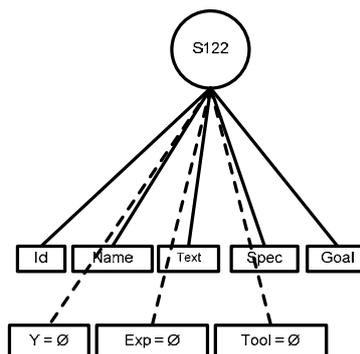


Рисунок 3 – Фрагмент модели ПрО

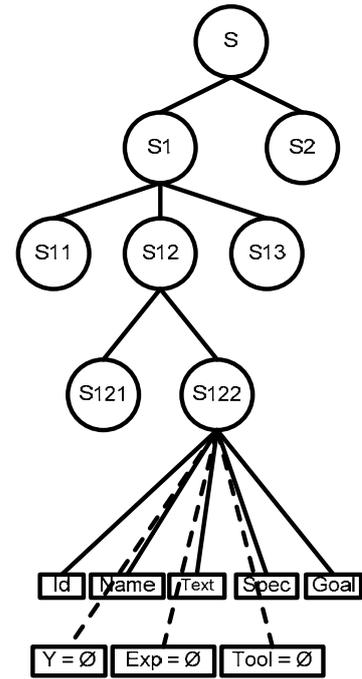


Рисунок 4 – Динамическая модель предметной области

Для формирования предметной области алгоритм П. Чена также необходимо модифицировать, разбив его на два этапа:

- на первом этапе построить статическую часть модели, представляющую собой иерархию подзадач;
- на втором этапе построить динамическую часть модели, включив к терминальным узлам дерева фреймы **P** и **Z**.

В результате формируется динамическая модель предметной области. Изолированность частей модели дает возможность построения второй части удаленными экспертами, что удовлетворяет свойству распределенности. Фрагментарность модели обеспечена тем, что каждый терминальный узел, представленный фреймами  $P$  и  $Z$ , определяет вполне определенный фрагмент модели предметной области, который в дальнейшем может быть доставлен эксперту. Таким образом, предложенная модификация модели  $\Pi$ . Чена обладает свойствами, выделенными как свойства ССЗ.

### Заключение

В работе рассмотрен класс задач, предметная область которых формируется в результате совместной работы распределенной группы экспертов. В первом приближении представлена онтологическая модель задачи, выделены свойства нового класса задач и соответствующие свойства предметной области: динамичность, распределенность, фрагментарность. Для построения модели ПрО предложена модификация известной модели и соответствующего алгоритма за счет добавления динамического компонента.

**Резюме.** В представленной статье рассматривается новый класс задач, предметная область которых формируется из множества источников информации, распределенных в глобальной среде. Решение задачи – это результат совместной работы распределенной группы экспертов. Вводится понятие сложно структурированной задачи (ССЗ), с использованием онтологического подхода строится ее модель, выделяются свойства нового класса задач. Предлагается динамическая модель предметной области ССЗ, полученная путем модификации известной модели «сущность-связь» за счет добавления динамического компонента.

**Abstract.** The new class of the problems which subject domain is formed of a set of information sources distributed in the global environment is considered in the article. The problem solving is a result of the expert distributed commission teamwork. The concept of a difficult structured problem (DSP) is entered, its model is constructed with the use of the ontological approach, and new class problem properties are allocated. The dynamic model of DSP subject domain received by updating of the known model “essence-communication” at the expense of a dynamic component addition is offered.

### Литература

1. Вальвачев, А.Н. Технология выполнения IT-проектов коллективами распределенных исполнителей / А.Н. Вальвачев, В.В. Краснопрошин, Х.Виссия // Искусственный интеллект. – 2008. – №3 – С.63-69.
2. Вальвачев, А.Н. Интеграция распределенных экспертных знаний: проблемы и решения / В.В. Краснопрошин, Г. Шаках // Информатика. – Минск, 2004. – №1. – С.45-53.
3. Информационные технологии регионального управления / Емельянов С.В. [и др.] – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 400 с.
4. Якобсон, А. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения / А. Якобсон, Г. Буч, Д. Рамбо. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.
5. Чен, П. Модель “сущность-связь” – шаг к единому представлению данных / П.Чен // СУБД. – 1995. – №3. – С.21-29.
6. Артемьева, И.Л. Сложно структурированные предметные области. Построение многоуровневых онтологий / И.Л. Артемьева // Информационные технологии. – 2009. – №1 – С.16-21.
7. Смирнов, С.В. Онтологии в задачах моделирования сложных систем / С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды II международной конф. – Самара: Самарский НЦ РАН, 2000. – С. 66–72.

## Построение динамической модели предметной области для решения сложно структурированных задач

А. В. КАРКАНИЦА

### Введение

В условиях динамично меняющейся внешней среды и в результате глобализации общества появляется множество задач с новыми свойствами. В частности, наблюдается рост количества сложно структурированных задач с недостаточно формализованной предметной областью и большим количеством удаленных источников информации. Эти «новые задачи» можно охарактеризовать как задачи, для решения которых требуется «внешняя» информация, т.е. информация, которая имеется в распределенных источниках глобальной среды. Типичным примером данной группы задач является задача поддержки выполнения заказных проектов (в том числе, IT-проектов), которые инициируются в одной стране, а выполняются распределенными коллективами исполнителей в других странах [1]. Предметная область такого рода задач обладает структурой, процесс моделирования которой не может быть закончен в ограниченный период времени, так как объекты предметной области могут менять свое состояние и структуру на протяжении всего жизненного цикла (от появления до исчезновения).

На практике таких задач значительно больше и, несмотря на различия в постановках, суть их одинакова: имеется задача, предметная область которой формируется из множества источников информации, распределенных в глобальной среде. Решение задачи должно носить оперативный характер в силу того, что в условиях ускорения динамики бизнес-процессов знания быстро устаревают. Основные требования к решению – актуальность, точность и полнота предметной области.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в настоящее время актуальна проблема разработки технологии, которая должна поддерживать выполнение проектов территориально распределенными группами исполнителей, обеспечивать независимость времени реализации проекта от количества исполнителей, автоматизировать процесс отображения материалов проекта в компьютерную систему [2]. В свою очередь, модели предметных областей должны отражать не только состояние и структуру на момент проектирования и реализации программной системы, но и иметь внутренние механизмы динамической адаптации (в том числе и структурной) модели предметной области на протяжении всего ее жизненного цикла.

### Анализ нового класса задач

Типичная схема распределенного решения сложных задач несколькими исполнителями включает следующие этапы [3]:

1 центральный орган (руководитель) проводит декомпозицию исходной проблемы на отдельные задачи;

2 задачи распределяются между исполнителями;

3 каждый исполнитель решает свою задачу или снова разделяет ее на подзадачи, обращаясь за помощью к другим исполнителям;

4 для получения общего результата производится композиция частных результатов, соответствующих выделенным задачам.

Двумя важнейшими аспектами в этой схеме являются распределение задач между исполнителями и объединение результатов. На этапе декомпозиции центр может провести разбиение задачи на подзадачи, но не способен найти их решение ввиду ограничений (компе-

тенция, ресурсы, время). Возникает необходимость распределения задач. После получения частных результатов возникает проблема их согласования и интеграции.

Таким образом, онтология предметной области строится в процессе совместной деятельности групп экспертов. Автоматизация этого процесса требует создания программной системы, которая будет поддерживать совместную согласованную работу по формированию онтологии предметной области географически распределенной экспертной группой.

Уточним основополагающие понятия, связанные с описанным классом задач и построим онтологическую модель задачи в ее первом приближении. Для этого используем онтологический подход, стандартизованный в IDEF5 и допускающий уточнение каждого компонента первичной модели [4].

Задачу (**Task**) определим как совокупность следующих составляющих: **S** – постановка задачи; **Req** – требования к решению; **Solution** – результат решения задачи, представленный в форме компьютерной системы:

$$\mathbf{Task} = (\mathbf{S}, \mathbf{Req}, \mathbf{Solution}) \quad (1)$$

Рассматриваемый класс задач решается коллективом распределенных исполнителей, который определим как группу (**Group**), включающую центр (**Center**), инициирующий задачу, и распределенных исполнителей (**Expert**), реализующих решение подзадач:

$$\mathbf{Group} = (\mathbf{Center}, \mathbf{Expert}^1, \mathbf{Expert}^2, \dots, \mathbf{Expert}^n) \quad (2)$$

Объединив кортежи (1), (2), уточним модель задачи:

$$\mathbf{Task} = (\mathbf{S}, \mathbf{Req}, \mathbf{Group}, \mathbf{Solution}) \quad (3)$$

Свойство структурированности **Task** подразумевает декомпозицию исходной задачи **S** на подзадачи  $\mathbf{S}^1, \mathbf{S}^2, \dots, \mathbf{S}^n$ , а необходимость оперативного получения решения накладывает ограничения по времени (**T**). Формализованная информация, полученная в процессе решения подзадач, в сумме составляет решение **Task**:

$$\mathbf{Solution} = \mathbf{Solution}^1 + \mathbf{Solution}^2 + \dots \mathbf{Solution}^n \quad (4)$$

Соответственно уточним модель задачи:

$$\mathbf{Task} = (\mathbf{S}, \mathbf{Group}, \mathbf{S}^1, \dots, \mathbf{S}^n, \mathbf{Req}^1, \dots, \mathbf{Req}^k, \mathbf{Solution}^1, \dots, \mathbf{Solution}^n, \mathbf{T}^1, \dots, \mathbf{T}^n), \quad (5)$$

где  $n \rightarrow \infty$ ,  $k$  – переменная величина.

Описанный класс задач определим как сложно структурированные задачи (CC3). Анализируя компоненты модели (5), выделим общие свойства нового класса задач:

*C1. Сложная структура* задачи определяется наличием в модели элементов  $\mathbf{S}^1, \dots, \mathbf{S}^n$ , определяющих иерархию подзадач исходной задачи;

*C2. Распределенность* – онтология предметной области формируется группой экспертов **Group**;

*C3. Фрагментарность* – решение целевой задачи представлено совокупностью решений подзадач (фрагментов)  $\mathbf{Solution}^1, \dots, \mathbf{Solution}^n$ ;

*C4. Динамичность* – топология подзадач меняется по мере подключения новых исполнителей или прекращения работы старых, т.е. количество источников формализованной информации велико и заранее неизвестно ( $n \rightarrow \infty$ );

*C5. Масштабность* – группа экспертов (**Center**,  $\mathbf{Expert}^1, \mathbf{Expert}^2, \dots, \mathbf{Expert}^n$ ) формируется из многочисленных географически распределенных коллективов, находящихся в глобальной среде и использующих глобальные коммуникации.

Предметную область **Y** сложноструктурированной задачи определим как формализованную информацию, необходимую и достаточную для решения исходной задачи и будем считать ее целевой, если она содержит паттерны знаний, обеспечивающие решение всех подзадач.

$$\begin{aligned} \mathbf{Y} &= \mathbf{Pat}^1 + \mathbf{Pat}^2 + \dots \mathbf{Pat}^n, \\ \mathbf{Pat}^i &= \mathbf{Solution}^i = (\mathbf{S}^i, \mathbf{Sol}^i), \end{aligned} \quad (6)$$

где  $\mathbf{S}^i$  – постановка подзадачи,  $\mathbf{Sol}^i$  – ее практическое решение

Из свойств модели задачи логично вытекают свойства предметной области: распределенность, фрагментарность, динамичность.

### Постановка задачи исследования

Очевидно, что для оперативного решения ССЗ требуется создание компьютерной системы поддержки деятельности распределенных экспертных групп по разработке онологий предметных областей. В рамках этой задачи требуется автоматизировать процесс формирования предметной области. Соответственно выделяется задача на разработку средства автоматизации формирования предметных областей, обеспечивающего согласованную совместную работу распределенных экспертных коллективов.

Постановку задачи сформулируем следующим образом:

Пусть имеется некоторая сложно структурированная задача **Task**, включающая постановку общей задачи **S** и **n** ее атомарных подзадач:

$$\mathbf{Task} = (\mathbf{S}, \mathbf{S}^1, \dots, \mathbf{S}^n), n \rightarrow \infty$$

В рамках каждой подзадачи известен текст постановки задачи **Text**, спецификация требований **Req** и ограничения на время решения **Time**, описанные кортежем:

$$\mathbf{S}^i = (\mathbf{Text}^i, \mathbf{Req}^i, \mathbf{Time}^i), \mathbf{Time}^i \rightarrow 0$$

В решении задачи участвуют центр **Center** и **k** территориально распределенных исполнителей **Expert<sup>1</sup>, Expert<sup>2</sup>, ..., Expert<sup>k</sup>**.

Для решения задачи **S** необходимы информационные ресурсы **Z<sup>i</sup>** (знания), в сумме составляющие предметную область **Y**.

Требуется разработать средство автоматизации формирования ПрО **Y** на основе знаний **Z<sup>i</sup>**, полученных из **k** удаленных экспертных источников **Expert<sup>1</sup>, Expert<sup>2</sup>, ..., Expert<sup>k</sup>**, при условии, что **Time<sup>i</sup> → 0, n → ∞**. Результатом решения должна быть формализованная предметная область.

В основе решения поставленной задачи лежит предметная область, следовательно, прежде всего, необходимо разработать ее модель, удовлетворяющую описанным выше свойствам. Только после этого можно перейти к этапу разработки средства ее использования распределенными группами экспертов.

### Моделирование предметной области ССЗ

Представим процесс формирования предметной области совокупностью следующих типовых подпроцессов:

1 процесс моделирования **P1**: на вход процесса поступает исходная задача **S**, выполняется ее декомпозиция на подзадачи, построение концептуальной и физической модели, на выходе процесса модель ПрО – **modY**;

2 процесс добычи знаний **P2**, релевантных подзадачам: на входе процесса модель предметной области **modY**, на выходе – совокупность знаний **Solution**, представляющих решение подзадач;

3 процесс формирования ПрО **P3**: на входе процесса – **Solution**, на выходе – формализованная ПрО.

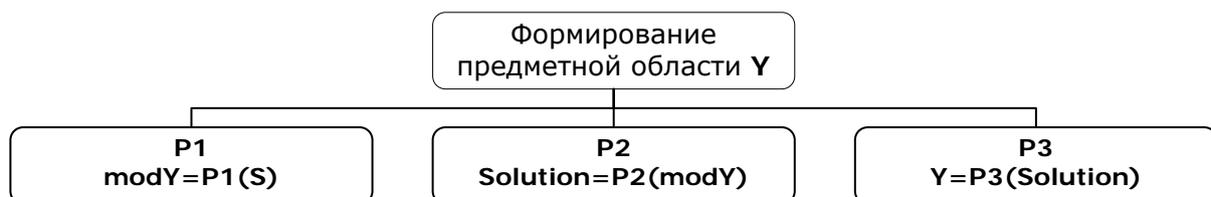


Рисунок 1 – Основные процессы построения ПрО

В настоящее время для решения задачи моделирования ПрО (процесс **P1**) наибольшее распространение получил подход Питера Пин-Чена, известный как структурная методология. Моделирование предметной области базируется на использовании графических диаграмм, включающих небольшое число разнородных компонентов. Смысл подхода заключа-

ется в структурировании важной семантической информации о предметной области путем выделения значимых сущностей (entity) и связей (relationship). Связи между сущностями представляются в форме иерархии, известной как ERD-диаграммы [5]. Онтологическая модель предметной области, согласно подходу Чена, определяется следующим образом:

$$\text{mod}Y=(\text{Entity, Relation, ERD}), \quad (7)$$

где Entity – конечное множество значимых сущностей предметной области, Relation – множество типов связей между сущностями, ERD – диаграммы, представляющие иерархию связей между сущностями. Алгоритм построения модели ПрО следующий:

- 1 проанализировать задачу S;
- 2 выделить сущности  $\text{entity}^1, \dots, \text{entity}^n$ ;
- 3 идентифицировать сущности с помощью ключевых атрибутов;
- 4 определить связи  $\text{Relationship}^m=f(\text{entity}^i, \text{entity}^j)$ ;
- 5 построить иерархию связей;
- 6 построить ERD-модель.

Можно выделить очевидные достоинства методологии «сущность – связь»:

- принцип декомпозиции, заложенный в основу методологии, позволяет получать решение сложных проблем путем их разбиения на простые независимые подзадачи;
- очевидная простота реализации алгоритма построения модели позволяет обеспечить быстроту формирования ПрО;
- жесткость, статичность, неделимость модели, ее ориентация на локальное применение позволяют автоматизировать процесс формирования ПрО.

Рассмотрим вопрос применимости методологии П. Чена для построения модели ПрО сложно структурированных задач. Значимыми сущностями в контексте рассматриваемого класса ССЗ являются подзадачи  $S^1, \dots, S^n$  и исполнители  $\text{Expert}^1, \text{Expert}^2, \dots, \text{Expert}^n$ . Применение алгоритма Чена позволит получить ERD-модель в виде ациклического графа, узлы которого определяют иерархию подзадач и назначение исполнителей, а дуги – уровень их вложенности. Однако это возможно в случае, когда изначально центром строго определена декомпозиция исходной задачи на подзадачи, т.е. известно их количество  $n$  и определена группа экспертов. Анализ компонентов модели (7) и свойств задачи (5) позволяет выявить существенные несоответствия свойств С2, С3, С4 нового класса задач со свойствами онтологической модели ПрО, построенной согласно подходу П.Чена:

- статичность модели не позволяет модифицировать ее за счет компетенции удаленных экспертов – не удовлетворяется свойство динамичности;
- неделимость модели противоречит свойству фрагментарности ССЗ;
- ориентация средств построения модели на локальные группы исполнителей осложняет их использование территориально распределенными экспертами – не удовлетворяется свойство распределенности.

В силу выявленных противоречий делаем вывод о том, что прямое использование модели и алгоритма П.Чена для построения модели ПрО задачи (5) невозможно. В случае ССЗ основные процессы формирования ПрО реализуются множеством удаленных экспертов, что требует соответствующей коррекции модели ПрО, алгоритмов реализации процессов P1, P2, P3 и организации специальных средств коммуникации.

Следует все же отметить, что модель П. Чена успешно используется на начальных этапах проектирования программных систем и в случае, если:

- коллектив исполнителей обладает достаточным объемом знаний для компетентной декомпозиции задачи и формирования ПрО;
- исходная задача **Task** хорошо структурированная, количество атомарных подзадач  $n$  заранее известно и конечно;
- предметная область **Y** статичная, достаточно формализованная;
- уровень критичности параметра **Time** низкий.

Известные из литературы методологии формирования онтологии предметной области и методы разработки на их основе программных систем не охватывают случай сложно структурированных предметных областей [6]. Однако модель «сущность-связь» считается наиболее общей, из нее могут быть порождены все существующие модели данных (иерархическая, сетевая, реляционная, объектная), и поэтому она может быть взята за основу моделирования ПрО ССЗ. Предлагается модификация онтологической модели и алгоритма П. Чена с целью устранения свойства статичности и наделения модели свойством распределенности и фрагментарности.

Модель предметной области ССЗ должна удовлетворять свойствам С2, С3, С4 задачи (5). Проведем модификацию онтологической модели П. Чена за счет добавления динамического компонента, представленного фреймами **P** и **Z**:

$$\text{modY}=(\text{Entity, Relation, ERD} \mid \mathbf{P, Z}). \tag{8}$$

Структура фрейма **P** определяет постановку задачи эксперту: **Id** – идентификатор задачи; **Text** – текст постановки задачи; **Spec** – требования к решению. Слоты фрейма заполняются центром. Структура фрейма **Z** определяет шаблон решения задачи: **Y** – решение, **Tool** – средство реализации **Y**. Слоты фрейма **Z** пусты. В дальнейшем они уточняются за счет знаний экспертов.

Первые три компонента модели (8) представлены ERD-графом, вершиной которого является задача **S**, узлы (**Entity**) определяют иерархию подзадач, дуги (**Relation**) – уровень их вложенности. Фреймы **P** и **Z** включаются к терминальным узлам дерева. В результате модель представлена ациклическим графом с терминальными узлами, представленными фреймами и, в отличие от модели (7), состоит из двух частей: статической и динамической (рис. 2, 3, 4).

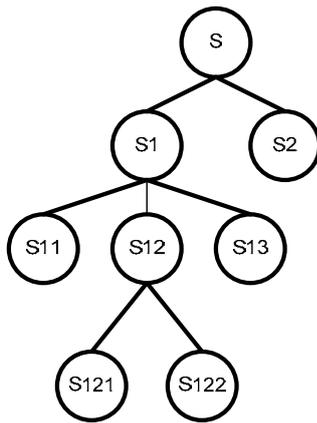


Рисунок 2 – Статическая часть модели ПрО

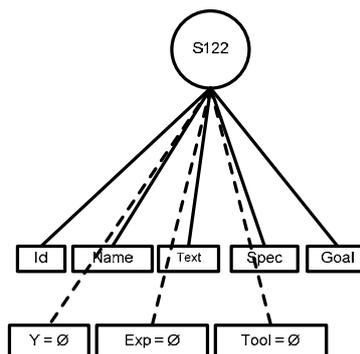


Рисунок 3 – Фрагмент модели ПрО

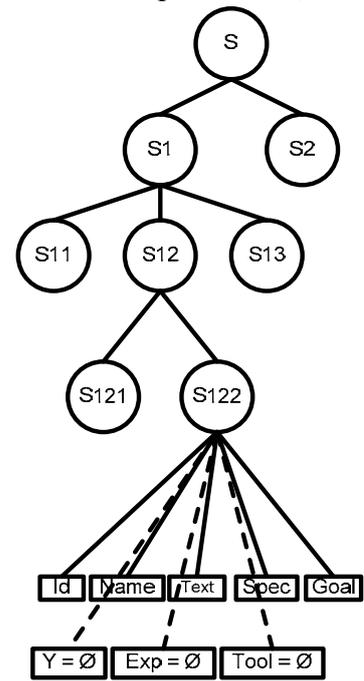


Рисунок 4 – Динамическая модель предметной области

Для формирования предметной области алгоритм П. Чена также необходимо модифицировать, разбив его на два этапа:

- на первом этапе построить статическую часть модели, представляющую собой иерархию подзадач;
- на втором этапе построить динамическую часть модели, включив к терминальным узлам дерева фреймы **P** и **Z**.

В результате формируется динамическая модель предметной области. Изолированность частей модели дает возможность построения второй части удаленными экспертами, что удовлетворяет свойству распределенности. Фрагментарность модели обеспечена тем, что каждый терминальный узел, представленный фреймами  $P$  и  $Z$ , определяет вполне определенный фрагмент модели предметной области, который в дальнейшем может быть доставлен эксперту. Таким образом, предложенная модификация модели П. Чена обладает свойствами, выделенными как свойства ССЗ.

### Заключение

В работе рассмотрен класс задач, предметная область которых формируется в результате совместной работы распределенной группы экспертов. В первом приближении представлена онтологическая модель задачи, выделены свойства нового класса задач и соответствующие свойства предметной области: динамичность, распределенность, фрагментарность. Для построения модели ПрО предложена модификация известной модели и соответствующего алгоритма за счет добавления динамического компонента.

**Резюме.** В представленной статье рассматривается новый класс задач, предметная область которых формируется из множества источников информации, распределенных в глобальной среде. Решение задачи – это результат совместной работы распределенной группы экспертов. Вводится понятие сложно структурированной задачи (ССЗ), с использованием онтологического подхода строится ее модель, выделяются свойства нового класса задач. Предлагается динамическая модель предметной области ССЗ, полученная путем модификации известной модели «сущность-связь» за счет добавления динамического компонента.

**Abstract.** The new class of the problems which subject domain is formed of a set of information sources distributed in the global environment is considered in the article. The problem solving is a result of the expert distributed commission teamwork. The concept of a difficult structured problem (DSP) is entered, its model is constructed with the use of the ontological approach, and new class problem properties are allocated. The dynamic model of DSP subject domain received by updating of the known model “essence-communication” at the expense of a dynamic component addition is offered.

### Литература

1. Вальвачев, А.Н. Технология выполнения IT-проектов коллективами распределенных исполнителей / А.Н. Вальвачев, В.В. Краснопрошин, Х.Виссия // Искусственный интеллект. – 2008. – №3 – С.63-69.
2. Вальвачев, А.Н. Интеграция распределенных экспертных знаний: проблемы и решения / В.В. Краснопрошин, Г. Шаках // Информатика. – Минск, 2004. – №1. – С.45-53.
3. Информационные технологии регионального управления / Емельянов С.В. [и др.] – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 400 с.
4. Якобсон, А. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения / А. Якобсон, Г. Буч, Д. Рамбо. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.
5. Чен, П. Модель “сущность-связь” – шаг к единому представлению данных / П.Чен // СУБД. – 1995. – №3. – С.21-29.
6. Артемьева, И.Л. Сложно структурированные предметные области. Построение многоуровневых онтологий / И.Л. Артемьева // Информационные технологии. – 2009. – №1 – С.16-21.
7. Смирнов, С.В. Онтологии в задачах моделирования сложных систем / С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды II международной конф. – Самара: Самарский НЦ РАН, 2000. – С. 66–72.

## Об одном методе построения формальных образов классов при реализации систем распознавания

А. И. Жукевич, В. Г. Родченко

**Введение.** Аппарат математической теории распознавания образов часто оказывается наиболее приемлемым, а нередко единственным инструментом, который предоставляет исследователю реальную возможность изучать явления и объекты сложной природы, характеризующиеся большим числом разнообразных по своей природе признаков.

При построении систем распознавания образов предполагается качественное выполнение двух основных процедур, к которым относится процедура обучения и процедура принятия решения или контроля. Если процедуру обучения удастся реализовать эффективно, то выполнение второй процедуры носит технический характер и затруднений не вызывает. В практических задачах именно процесс обучения является наиболее трудоемким с точки зрения реализации, поскольку в реальных системах исследуются объекты, которые характеризуются большим количеством разнообразных признаков, имеющих сложную природу и распределенными по разным законам [1].

Процедура обучения проводится на основе исходных данных, представляющих собой классифицированную обучающую выборку. В результате выполнения этой процедуры должна быть установлена закономерная связь между значениями признаков и соответствующими классами объектов. Получаемая закономерность выражается в виде решающего правила, на основе которого выполняется процедура принятия решения, и исследуемый объект либо относится к одному из исходных классов, либо выделяется в отдельный самостоятельный класс, так называемый *джокер-класс*.

В идеальном случае построение классифицированной обучающей выборки осуществляется на основе использования такого априорного словаря признаков (АСП), в котором содержатся только разделяющие классы признаки. В свою очередь, априорный словарь представляет собой выборку из соответствующего генерального словаря. В реальных задачах априори сформированная выборка не гарантирует полной объективности, а часто строится с учетом ограничений, присущих имеющимся ресурсам. Опыт показывает, что редко удается априори определить соответствующий набор признаков, а потому в АСП включаются и признаки, не несущие разделяющей классы функции, а значит создающие “помехи” при распознавании и существенно ухудшающие ее качество. С целью обеспечения достоверного выполнения процедуры распознавания в системах предусматривается реализация дополнительного этапа исследований, который связан, во-первых, с анализом данных из классифицированной обучающей выборки, и, во-вторых, с формированием пространства решений, обеспечивающим разделение эталонов классов в нем [2]. Построение пространства решений осуществляется на основе получаемого из АСП уточненного рабочего словаря признаков (РСП).

После завершения процедуры построения рабочего словаря признаков предусматривается этап аттестации достоверности процедуры распознавания в сформированном именно на основе признаков из РСП пространстве решений. В данной статье предлагается метод построения формальных образов классов при реализации систем распознавания, который базируется на использовании оригинального алгоритма кластеризации.

**Постановка задачи.** Существует целый ряд методов реализации систем распознавания образов, которые базируются на построении разделяющих классы поверхностей в многомерном признаковом пространстве. Так или иначе, в этом случае предполагается, что соответствующие поверхности могут быть построены. В первую очередь указанные предположе-

ния обосновываются тем, что словарь признаков, на основе которого производится описание исследуемых объектов, включает именно такие признаки, которые обеспечивают разделение образов классов в соответствующем признаковом пространстве. Практическое же использование математического аппарата теории распознавания образов демонстрирует совершенно другую тенденцию, которая связана с тем, что в исходный вариант априорного словаря реально попадают признаки, во-первых, не несущие разделяющей функции, и, во-вторых, создающие шумы при выполнении непосредственно процедуры распознавания [3, 4]. Множество признаков такого словаря не обеспечивает выполнение гипотезы компактности, а потому использование этих признаков для проведения процедуры распознавания в большинстве случаев будет приводить к серьезным искажениям и ошибочным результатам.

Для обеспечения качественного распознавания необходимо предусмотреть выполнение этапа исследования, связанного с анализом информативности каждого из признаков, включенного в априорный словарь, с целью формирования такого уточненного словаря (рабочего словаря признаков), который содержал бы только признаки, обеспечивающие разделение всех образов классов попарно между собой в многомерном пространстве решений. Фактически в этом случае образы классов в признаковом пространстве будут представлять собой отдельно размещенные непересекающиеся кластеры, и при этом будет обеспечиваться условие, связанное с выполнением гипотезы компактности.

Наличие исходной классифицированной обучающей выборки при построении системы распознавания образов предоставляет возможность реализовать процедуру обучения путем проведения анализа данных из этой выборки. Сепарирование признаков по степени их информативности с точки зрения разделения образов классов в многомерном признаковом пространстве осуществляется на основе компаративного анализа данных, первоначально размещаемых в классифицированной обучающей выборке. Такая выборка образуется путем объединения всех векторов, формально описывающих образы экземпляров всех классов.

Пусть имеется алфавит классов  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$  и сформирован априорный словарь признаков  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ . Каждый объект описывается  $n$  признаками из априорного словаря признаков в виде вектор-столбец  $x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , где  $x_i$  – значение  $i$ -го признака, однозначно идентифицируется с одним из классов, а все выборки значений признаков каждого класса имеют непрерывные функции распределения. Множество объектов отдельного класса образует исходное описание этого класса в априорном признаковом пространстве, а объединение всех объектов из всех классов представлять собой классифицированную обучающую выборку. Эта выборка описывается в виде таблицы типа “*объект-свойство*” и формально представляется в виде матрицы  $X_{n \times m}$ , где  $m = m_1 + m_2 + \dots + m_k$ , и  $m_i$  – количество объектов  $i$ -го класса.

При решении реальных задач на основе использования методов математической теории распознавания образов, исследователи сталкиваются с необходимостью формального представления образов классов в соответствующем многомерном признаковом пространстве, построенном либо на основе априорного словаря, либо на основе уточненного рабочего словаря признаков. Вариант размещения образов классов представлен на следующем рисунке:

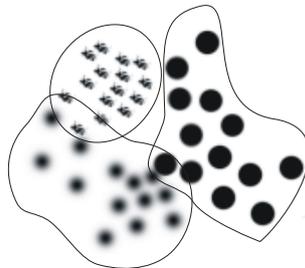


Рисунок 1 – Взаимное размещение образов трех классов в пространстве  $R^2$

С целью формального представления образа класса в многомерном признаковом пространстве предлагается на основе всех экземпляров класса построить соответствующий кла-

стер. Каждый экземпляр класса представляет собой вектор в пространстве  $R^n$  с координатами вершины  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , где  $x_i$  – значение  $i$ -го признака. Объединение всех векторов одного класса в кластер и будет представлять собой формальное описание класса в соответствующем многомерном признаковом пространстве. Процесс построения кластера начинается с поиска наиболее удаленного от других экземпляра класса. Затем определяется ближайший к найденному экземпляру представитель класса, и он включается в состав кластера. Кроме того, вычисляются и запоминаются значения координат вспомогательного вектора, который указывает на середину отрезка, соединяющего два очередных экземпляра класса. В итоге формируется “скелет” кластера для построения образа класса, который содержит  $2 \cdot m_i - 1$  векторов, из которых  $m_i$  векторов-экземпляров  $i$ -го класса (где  $m_i$  – количество объектов  $i$ -го класса) и  $m_i - 1$  вспомогательных векторов. В дальнейшем каждый экземпляр “скелета” выступают в качестве центра гиперсферы при построении кластера, представляющего собой объединение областей, образованных пересекающимися гиперсферами.

**Описание алгоритма реализации метода.** Пусть имеется словарь признаков  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ , и пусть каждый экземпляр класса описывается на основе  $n$  признаков из этого словаря, т.е. каждый экземпляр формально представляется в виде вектора-столбца  $x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , где  $x_i$  – значение  $i$ -го признака. Объединение всех соответствующих векторов-столбцов будет представлять собой матрицу размерности  $n \times k$ , (где  $k$  – количество экземпляров класса).

Возьмем наиболее удаленный от всех экземпляров класса  $X^{(1)}$  и найдем для него ближайший экземпляр  $X^{(2)}$ , и расстояние между ними обозначим  $l^{(1)}$ . Построим гиперсферы (далее сферы) радиуса  $r^{(1)} = \frac{l^{(1)}}{2}$  с центрами в  $X^{(1)}$ ,  $X^{(2)}$ . Обозначим точку касания двух сфер –  $O^{(1)}$  с координатами  $(o_1^{(1)}, \dots, o_n^{(1)})$  и построим сферу радиуса  $r^{(1)}$  с центром в  $O^{(1)}$ . Для экземпляра  $X^{(2)}$  найдем ближайший экземпляр  $X^{(3)}$ , и расстояние между ними обозначим  $l^{(2)}$ , причем из поиска исключаем  $X^{(1)}$ . Построим сферы радиуса  $r^{(2)} = \frac{l^{(2)}}{2}$  с центрами в  $X^{(2)}$ ,  $X^{(3)}$  и получим точку касания сфер  $O^{(2)} = (o_1^{(2)}, \dots, o_n^{(2)})$ . Построим сферу радиуса  $r^{(2)}$  с центром  $O^{(2)}$ . Поскольку  $X^{(2)}$  является центром двух сфер радиуса  $r^{(1)}$  и  $r^{(2)}$ , то для данного экземпляра выбираем сферу с максимальным радиусом.

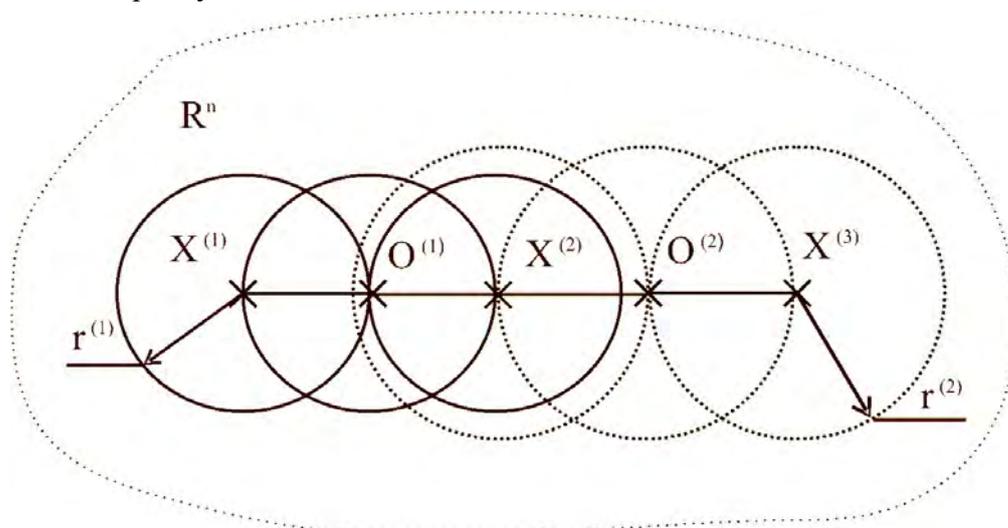


Рисунок 2 – Сферы с центрами  $X^{(1)}$ ,  $O^{(1)}$ ,  $X^{(2)}$ ,  $O^{(2)}$ ,  $X^{(3)}$

Аналогично продолжим построение сфер для остальных экземпляров класса. Опишем результат такого построения с помощью таблицы, в которой первый столбец “№” содержит порядковые номера сфер, столбец “Центр” – координаты центра сферы с радиусом в столбце “Радиус”, столбец “Признак” принимает значение 1 – если центром сферы является  $x_i$  и 0 – если центром сферы оказывается точка пересечения  $o_i$ .

№	Центр	Радиус	Признак
1	$X^{(1)}$	$r^{(1)}$	1
2	$O^{(1)}$	$r^{(1)}$	0
3	$X^{(2)}$	$r^{(2)}$	1
...	...	...	...
$2m-2$	$O^{(m-1)}$	$r^{(m-1)}$	0
$2m-1$	$X^{(m)}$	$r^{(m-1)}$	1

Экземпляры  $X^{(1)}$  и  $X^{(m)}$  являются “крайними”, а потому для них в таблицу записываем радиусы  $r^{(1)}$  и  $r^{(m-1)}$ . Для каждого экземпляра класса  $X^{(2)}, \dots, X^{(m-1)}$  в таблицу записываем максимальное значение радиуса, связанных с построением соответствующих сфер.

В результате получаем, что область, объединяющая все сферы, и будет представлять собой кластер класса.

При построении кластеров мы использовали сферы, для которых объем  $V$  радиуса  $r$  в пространстве  $R^n$  равен для  $n$  четных  $V = \frac{2^{\frac{n}{2}} \pi^{\frac{n}{2}}}{n!!} r^n$  и нечетных  $V = \frac{2^{\frac{n+1}{2}} \pi^{\frac{n-1}{2}}}{n!!} r^n$  соответственно [5].

Объем построенного кластера можно вычислить по формуле:

$$V = \sum_{j=1}^{2m-1} V^{(j)} - U, \quad (1)$$

где  $U$  представляет собой объем пересечения сфер, образующих кластер. Для вычисления значения  $U$  воспользуемся методом Монте-Карло.

Для начала рассмотрим область пересечения  $G$  двух сфер  $C_1$  с центром в точке  $M_1$  и радиусом  $r_1$ , и  $C_2$  с центром в точке  $M_2$  и радиусом  $r_2$  в пространстве  $R^n$ .

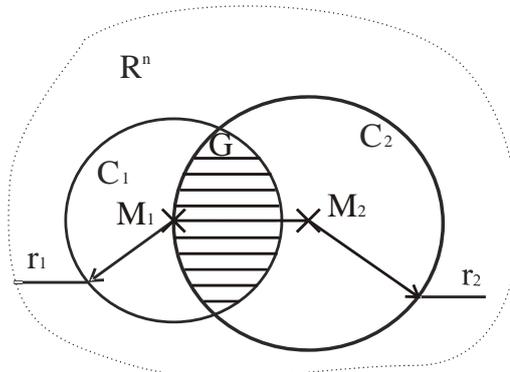


Рисунок 3 – Пересечение сфер  $C_1$  и  $C_2$ .

Оценим объем  $V_G$ . Для этого возьмем сферу  $C_1$ , объем которой  $V_1$ . Выберем  $N$  случайных точек, равномерно распределенных в  $C_1$ , и обозначим через  $N'$  количество точек, попавших в  $G$ . Точка  $M_G \in G$  тогда и только тогда, когда  $|M_1 - M_G| \leq r_1$  и  $|M_2 - M_G| \leq r_2$ .

При большом значении  $N$ , очевидно  $\frac{N'}{N} \approx \frac{V_G}{V_1}$ , откуда  $V_G \approx V_1 \frac{N'}{N}$  [6].

Тогда объем области объединения двух сфер  $C_1$  и  $C_2$  в пространстве  $R_n$  рассчитывается по формуле  $V = V_1 + V_2 - V_G$  или  $V \approx V_2 + V_1 \left(1 - \frac{N'}{N}\right)$ .

Теперь перейдем к вычислению объема  $U$  пересечения сфер кластера. Найдем для  $j$ -ой сферы, где  $j = \overline{1, 2m-1}$ , все сферы с которыми она пересекается, причем к рассмотрению будем брать сферы, у которых порядковый номер больше  $j$ . После чего оценим объем по формуле

$U^{(j)} \approx V^{(j)} \frac{N'_j}{N_j}$ . Для последней сферы, порядковый номер которой равен  $2m-1$ , имеем  $U^{(2m-1)} = 0$ .

Тогда суммарный объем пересечения сфер кластера вычисляется по формуле:

$$U = \sum_{j=1}^{2m_i-1} U^{(j)} \quad (2)$$

Подставляя полученное значение  $U$  в формулу (1) получим искомое значение объема  $V \approx \sum_{j=1}^{2m_i-1} V^{(j)} - \sum_{j=1}^{2m_i-1} U^{(j)}$ .

Далее вычисляем плотность кластера  $\rho$  по формуле  $\rho=V/k$ , где  $k$  количество экземпляров класса.

**Заключение.** При построении систем распознавания первоначально формальное определение каждого отдельного экземпляра класса представляет собой вектор в многомерном признаковом пространстве. В свою очередь, первоначальное формальное описание класса можно представить в виде матрицы, получаемой путем объединения соответствующих векторов.

В статье описан метод, который позволяет представить образ класса в виде кластера, получаемого путем объединения гиперсфер в многомерном признаковом пространстве. Предложен оригинальный алгоритм построения кластера, который предусматривает возможность вычисления объема и плотности кластера, что позволяет производить оценку компактности кластера.

Разработанный алгоритм базируется на использовании аппарата кластерного анализа, а для вычисления объема пересечения гиперсфер в соответствующем многомерном признаковом пространстве используется метод Монте-Карло.

**Резюме.** При построении систем распознавания возникает задача формального представления либо образа класса, либо образа эталона класса в многомерном признаковом пространстве. В статье предлагается такой образ представлять в виде кластера и описывается оригинальный алгоритм построения соответствующего кластера. Предусматривается вычисление объема и плотности кластера для оценки его компактности.

**Abstract.** During the construction of recognition systems there occurs a problem of formal representation of a class image, or a class standard image in multidimensional sign space. In the article it is offered to represent this image in a kind of cluster. The original algorithm of corresponding cluster construction is also described. Volume and density cluster calculation for an estimation of its compactness is provided.

### Литература

1. Васильев, В.И. Проблема обучения распознаванию образов / В.И.Васильев; К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 64 с.
2. Родченко, В.Г. Об одном методе построения компактных эталонов классов при проектировании систем распознавания образов / В.Г.Родченко // Известия Гомельского государственного университета имени Ф.Скорины. Гомель, 2004. – №4(25). – С.114-117.
3. Марусенко, М.А. Атрибуция анонимных и псевдоанонимных литературных произведений методами распознавания образов / М.А.Марусенко; Л.: Издательство Ленинградского университета, 1990. – 168 с.
4. Гуца, Ю.В. Об использовании одного алгоритма кластерного анализа при построении системы диагностики острого аппендицита у детей / Ю.В.Гуца // Известия Гомельского государственного университета имени Ф.Скорины. Гомель, 2007. – №5(44). – С.21-26.
5. Розенфельд, Б.А. Многомерные пространства. / Б.А. Розенфельд; М.: Наука, 1966. – 647 с.
6. Соболев, И.М. Численные методы Монте-Карло / И.М.Соболев; М.: Наука, 1973. – 311 с.

## Метод построения систем диагностики компьютерных сетей на основе применения аппарата прикладной статистики

Е. В. Олизарович, В. Г. Родченко

**Введение.** Проблемная область управления компьютерными сетями (КС) включает в качестве одной из основных задачу, связанную с анализом происходящих в сети процессов, конечной целью которой является обнаружение (диагностирование) и прогнозирование изменений состояний КС. При этом классификация состояний и событий является нетривиальной задачей с перманентно изменяющимися исходными данными. Компьютерная сеть как техническая система не является серийным однотипным продуктом, поскольку практически каждая реализация КС содержит уникальные решения, присущие только данному экземпляру. Этот факт особенно существен, если рассматривать КС не только как технический комплекс, а и как информационно-техническую систему, предназначенную для выполнения обработки определенной информации в заданных реальных условиях.

В современном понимании проблема диагностики КС рассматривается значительно шире, чем задача обеспечения заданного уровня качества работы каналов передачи данных. Отражая данное обстоятельство, ведущие производители метрологического и диагностического оборудования, в последние годы значительно расширили ассортиментный перечень оборудования и специализированного программного обеспечения для диагностики КС на 3-7 уровнях эталонной модели взаимодействия (ISO/OSI) [1].

Тем не менее, несмотря на ряд существующих технических решений, проблема создания методов и средств комплексной диагностики КС не утратила своей актуальности, особенно в условиях постоянно изменяющихся требований к диагностике. Среди причин такого положения следует отметить высокую стоимость измерительного оборудования, большие затраты на содержание и обучение персонала, невозможность оперативного внесения индивидуальных корректировок в наборы методов и алгоритмов диагностики.

Настоящая работа посвящена описанию метода выполнения диагностики КС на основе результатов наблюдений за трафиком КС. Предложенное решение не ориентировано на конкретные программно-технические решения, а базируется на общих особенностях функционирования компьютерных сетей и применении методов математической теории распознавания образов.

Идея метода диагностики основана на предположении, что содержание и статистические параметры сетевого трафика могут служить источником информации о состоянии КС и происходящих в ней процессах [2]. При этом, в зависимости от поставленной диагностической задачи, могут использоваться различные параметры трафика. Под трафиком понимается совокупность передаваемых в сети пакетов – блоков данных, сформированных в соответствии с принципами многоуровневой организации взаимодействия открытых систем. Такой подход относится к методам пассивного мониторинга и широко применяется в задачах аудита и диагностики КС.

Рассматриваемый метод предполагает выполнение синтеза решений на основе применения эталонов различного типа. Особенностью построения эталонов является то, что КС, как объект классификации, обладает средней степенью детерминированности, поскольку, с одной стороны, не всегда возможно построение точных эталонов состояний, с другой стороны, большой объем исходных данных позволяет проводить достаточно точный анализ происходящих процессов с применением средств математической статистики и математической теории распознавания образов.

Метод диагностики основывается на применении специальной математической модели КС и определяет содержание этапов исследования, адаптации и эксплуатации.

**Специальная модель компьютерной сети.** В основе предлагаемого метода диагностики лежит представление процесса передачи данных как многоуровневого процесса. Измеримым результатом воздействия каждого уровня на передаваемый пакет данных является соответствующий заголовок. В соответствии с принятой эталонной моделью взаимодействия открытых систем каждая единица информации, передаваемая в КС – кадр – может быть условно представлен в виде иерархии заголовков, схематически изображенной на рисунке 1:

ЗАГОЛОВОК 1 УРОВНЯ	ЗАГОЛОВОК 2 УРОВНЯ	ЗАГОЛОВОК 3 УРОВНЯ	ЗАГОЛОВОК 4 УРОВНЯ	ЗАГОЛОВОК 5 УРОВНЯ	ЗАГОЛОВОК 6 УРОВНЯ	ЗАГОЛОВОК 7 УРОВНЯ	ДАННЫЕ
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--------

Рисунок 1 – Иерархия заголовков кадра

Заголовки представляют собой форматированные области данных, содержащие информацию о состоянии сеанса передачи для данного уровня. Так, заголовок канального уровня для наиболее распространенной архитектуры Ethernet (IEEE 802.3) составляет 22 байта и содержит информацию о физических адресах источника и получателя, а также о длине передаваемого кадра. Подобными и, как правило, более сложными, заголовками обладают протоколы высоких уровней. Таким образом, каждый кадр (frame), передаваемый в сети содержит информацию обо всех сеансах, задействованных в процессе взаимодействия клиента с сервером. Источником данных о состоянии и процессах, происходящих в исследуемом сегменте КС, могут служить как собственно значения полей в заголовках, так и их статистические характеристики. Для диагностики транспортной подсистемы достаточно использовать заголовки 1-4 уровней, но для комплексного анализа состояния всей инфраструктуры информационной сети необходимо анализировать заголовки 5-7 уровней, а также область данных.

Указанная структура кадров позволяет построить обобщенное формальное описание трафика компьютерной сети на основе множества наблюдаемых параметров  $X = X_1 \cup X_2 \cup X_3 \cup X_4 \cup X_5 \cup X_6 \cup X_7$ , содержащего наборы полей заголовков,  $X_i = \{x_{i1}, \dots, x_{in_i}\}$ , где  $n_i$  – количество полей, предусмотренных для заголовка уровня  $i$ .

Множество  $X$  составляют детерминированные значения, определяемые стандартами и спецификациями соответствующих протоколов. В предельном случае множество  $X$  представляет собой генеральную совокупность параметров  $X^0$ , включающую все возможные поля заголовков.

Несмотря на то, что все элементы множества  $X$  могут быть представлены в числовом виде, по своей природе они могут быть числовыми (количественными) или символьными (перечисляемыми). Для использования таких данных в задачах классификации на базе методов распознавания образов требуется выполнение дополнительной предварительной обработки с целью приведения к единой шкале. Кроме того, непосредственное использование модели состояния сети на основе множества  $X$  возможно только в узком классе задач для обнаружения пакетов с заданными параметрами. При классификации более сложных состояний, динамических процессов и неизвестных событий, необходимо применять математические модели управления, основанные на анализе некоторого множества  $Y = \{y_1, \dots, y_n\}$ , включающего предварительно агрегированные и статистически обработанные данные.

Каждому  $i$ -му элементу множества  $Y$  должен быть поставлен в соответствие такой метод математической обработки, для которого будет выполняться  $y_i = f_i(X)$ , где  $i = \overline{1, n}$ ,  $n$  – количество входных параметров алгоритма классификации состояния КС. В качестве элементов множества  $F$  могут выступать различные преобразования, статистические характеристики и т.д. Предлагаемый метод диагностики является адаптируемым, поэтому даже в рамках одной задачи, по мере развития технологий и средств измерения могут изменяться как общее количество, так и вид функций, составляющих множество  $F = \{f_1, \dots, f_n\}$ . Поскольку средства измерений для КС постоянно совершенствуются, то должна отмечаться тенденция к

возложению процедур предварительной вычислительной обработки на аппаратные средства измерения, т.е. для отдельных параметров будет выполняться  $y_i = x_j$ .

Таким образом, специальная математическая модель КС, включает:

1  $X$  – множество наблюдаемых измеримых параметров трафика,

2  $Y$  – пространство признаков состояния КС,

3  $F$  – множество математических методов преобразования наблюдаемых параметров в пространство признаков.

На рисунке 2 схематически представлена структура и порядок взаимодействия компонент модели КС.

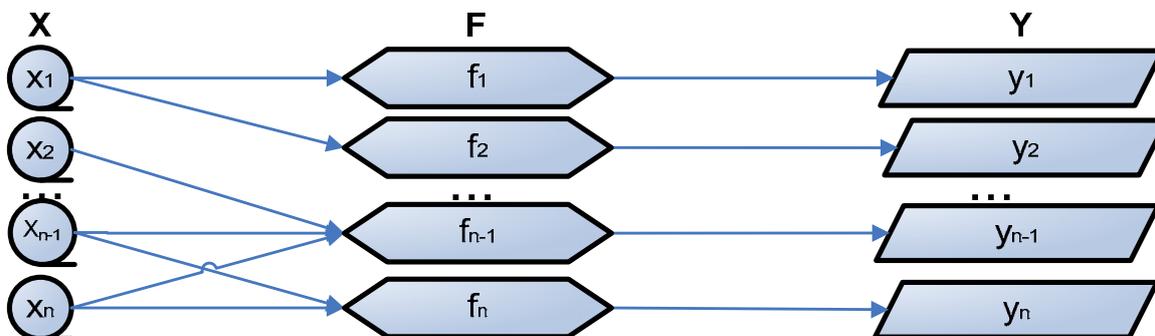


Рисунок 2 – Структура специальной математической модели компьютерной сети

Множество  $X$  конечно и изменяется достаточно медленно, поскольку определяется разработанными техническими спецификациями и международными стандартами. Множества  $Y$ ,  $F$  – бесконечны, счетные и могут оперативно изменяться, поскольку формируются в зависимости от задачи диагностики.

В рамках рассматриваемого метода объектом управления является множество  $Y$  математической модели КС – пространство признаков состояния. В общем случае множество  $Y$  можно рассматривать как априорный словарь признаков при построении эталонов. Строиться множество  $Y$  должно на основании экспертных оценок, поскольку в настоящее время не существует надежных методов формализации процесса построения пространства признаков [3].

**Этапы реализации метода.** Метод построения системы диагностики на основе изложенной модели предполагает выполнение ряда этапов анализа и синтеза [4]. Наиболее общая агрегация операций позволяет определить для решения каждой диагностической задачи три функционально-независимые стадии, представленные на рисунке 3: исследование, адаптация (настройка) и эксплуатация. Все этапы объединены одной диагностической задачей, общим набором понятий и данных, единым математическим аппаратом, в то же время, каждый характеризуется своей целью, ресурсами, составом исполнителей, входными и выходными параметрами.

**Этап 1. Исследования.** Включает итерационный процесс исследования свойств КС и построения типовой модели для решения поставленной диагностической задачи. Выполняется экспертами и включает следующие шаги:

1.1. Формирование алфавита типовых классифицируемых состояний  $P$  – выполняется на основе экспертных оценок, стандартов, типовых решений.

1.2. Определение средств измерений и формирование исходного множества наблюдаемых параметров  $X$  – выполняется на основе экспертных оценок.

1.3. Формирование априорного словаря признаков – выполняется на основе экспертных оценок и типовых решений.

1.4. Формирование множества алгоритмов  $F$  – выполняется на основе экспертных оценок и библиотеки стандартных алгоритмов;

1.5. Верификация типовой модели. Формирование и анализ таблиц типа “объект-свойство” для контрольных наборов данных – выполняется на основе экспертных оценок и применения алгоритмов сепарирования и кластеризации. Построение рабочего словаря признаков  $Y$ . Принимаются модели, для которых  $Y \neq \emptyset$ .

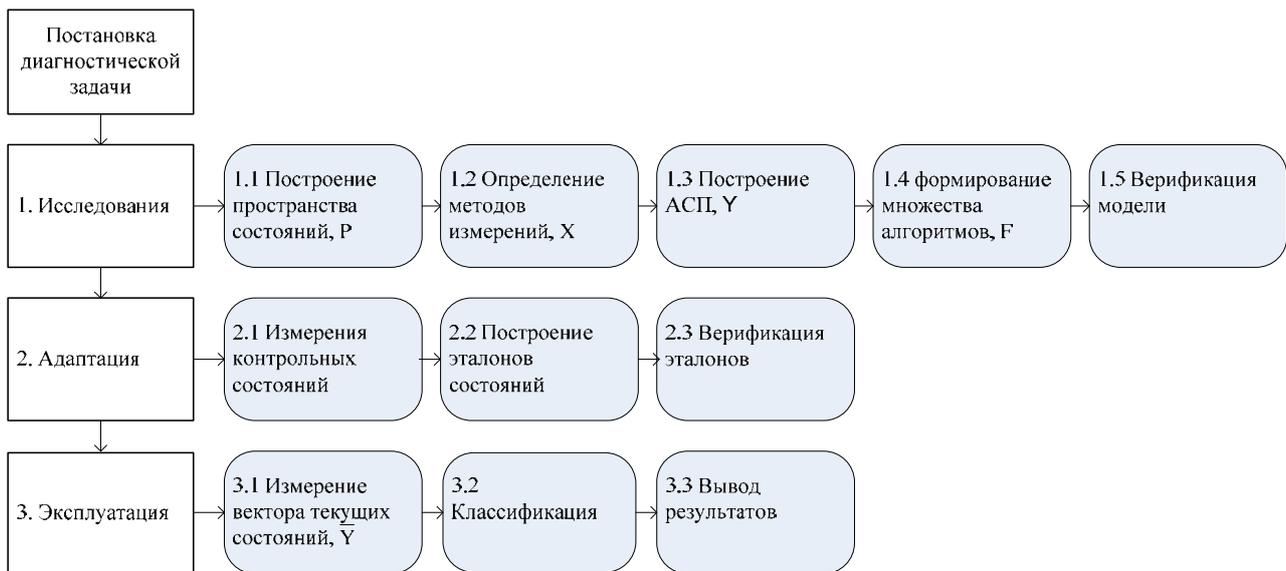


Рисунок 3 – Метод построения систем диагностики

Результатом этапа исследования являются алфавит классифицируемых состояний и специальная математическая модель КС для условий поставленной задачи, включающая множества  $X$ ,  $F$ ,  $Y$ .

Этап 2. *Адаптация*. Предназначен для построения эталонов, которые будут использоваться в процессе эксплуатации и верификации типовой модели в условиях реальной компьютерной сети. Выполняется при участии экспертов на основе полученных на этапе исследования множеств  $P$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $F$ . Включает шаги:

2.1. Измерения состояний КС в классифицируемых состояниях – формирование реальных выборок данных в пространствах  $X$  и  $Y$ .

2.2. Формирование эталонов на основе анализа данных, составляющих квалифицированную обучающую выборку, отражающую зависимость  $P = \Phi(\bar{Y})$ , где  $\bar{Y}$  – текущее значение вектора состояния. Построение  $\Phi$  возможно на основе моделей распознавания с обучением или с самообучением. Уточнение алфавита  $P$ .

2.3. Верификация эталонов. Выполняется путем классификации контрольных значений вектора  $\bar{Y}$ .

Этап 3. *Эксплуатация*. Предназначен для выполнения диагностики состояния КС на основе эталонов, полученных на этапе адаптации. Включает следующие шаги:

3.1. Измерение вектора текущих состояний,  $\bar{Y}$  – выполняется с использованием построенной специальной математической модели и выбранных средств измерений.

3.2. Классификация текущего состояния – выполняется на основе зависимости  $\Phi$ .

3.3. Вывод результатов – организуется в зависимости от поставленной задачи.

3.4. Верификация системы диагностики – предназначена для проверки актуальности эталонов и модели.

В зависимости от диагностической задачи могут выбираться соответствующие методы и средства формирования эталонов и распознавания состояний.

**Заключение.** В настоящей работе приведено описание разработанного авторами метода решения диагностических задач, возникающих при эксплуатации компьютерных сетей. Метод базируется на применении аппарата прикладной статистики и алгоритмов математической теории распознавания образов.

Преимуществом предложенного подхода является высокая готовность к использованию в современных средах управления, основанных на применении вычислительной техники, автоматизации процессов, в т.ч. подготовительных, широкому применению баз данных и баз знаний, использованию преимуществ Интернет.

Применение метода предполагает единство всех этапов жизненного цикла диагностической системы от постановки задачи, до эксплуатации и самодиагностики. Метод может быть использован для решения широкого круга задач управления сетями передачи данных.

**Резюме.** Статья посвящена описанию этапов создания, настройки и эксплуатации системы диагностики компьютерной сети. Предлагаемый метод основан на применении аппарата прикладной статистики и специальной модели компьютерной сети. Рассмотрены особенности практической реализации и содержание всех стадий жизненного цикла систем диагностики.

**Abstract.** The article is devoted to the description of creation, adjustment and operation stages of a computer network diagnostic system. The offered method is based on applied statistic device application and special model of a computer network. Practical realization features and the maintenance of all stages of diagnostic system life cycle are considered.

### Литература

1. Срыбник, М. В. Информационно-измерительная система для мониторинга и диагностики состояния локальной вычислительной сети / М.В. Срыбник // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії, 2006. – № 1Е(6) – С. 61-66.
2. Олизарович, Е.В. Построение концептуальной модели диагностики технической системы по результатам наблюдений на основе методов математической теории распознавания образов / Е.В.Олизарович // Известия Гомельского государственного университета имени Ф.Скорины, Гомель, 2006, – №4(37). – С.58-61.
3. Журавлев, Ю.И. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения / Ю.И. Журавлев, В.В.Рязанов, О.В.Сенько// М.: ФАЗИС, 2005. – 159 с.
4. Жукевич, А.И. Об одном методе построения компьютерной системы диагностики состояний технологических процессов / А.И.Жукевич, В.Г.Родченко, Е.В.Олизарович // VIII международная конференция «Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2008», Киев, 14-17 мая 2008г.:сб. тр./ ред кол.: С.В. Сирота (гл. ред.) и др. – К.: Просвіта, 2008. – С.398-406.

Гродненский государственный  
университет им. Янки Купалы

Поступило 27.04.10

УДК 681.3

## Использование шаблонов объектно-ориентированного проектирования в программировании имитационной модели технологических процессов производства с иерархической структурой

В. Д. Левчук, П. Л. Чечет

### Введение

Несмотря на широкое распространение визуальных систем моделирования, в настоящее время остается актуальной разработка программ имитационных моделей (ИМ) с использованием специализированного или универсального языков моделирования. Наибольшими возможностями в построении программы ИМ обладают те языки, в которых присутствует объектно-ориентированный подход к написанию программы. К таким языкам относится универсальный язык программирования C++, на основе которого реализована система моделирования MICIS 4 [1]. Построение объектно-ориентированного кода программы ИМ является нетривиальной задачей, не существует единого универсального решения по проектированию множества классов объектной программы ИМ. В этом случае исследователь, зачастую опираясь в основном на свой опыт и интуицию, пытается разработать удачную структуру классов, которая сможет качественно представлять функционирование сложной системы в программе ИМ. В теории программирования подобная проблема возникла достаточно давно и для её решения были предложены так называемые шаблоны (паттерны) объектно-ориентированного проектирования [2], которые затрагивают определенные типовые ситуации взаимодействия компонентов некоторой системы, предлагая наиболее рациональные, проверенные и эффективные решения по проектированию структуры классов объектно-ориентированной программы.

### Использование шаблонов объектно-ориентированного проектирования в имитационном моделировании

Попытки использовать некоторые шаблоны объектно-ориентированного проектирования при разработке имитационных моделей [3, 4] показали эффективность и перспективность использования шаблонов объектно-ориентированного проектирования в моделировании. Использование шаблонов в разработке объектно-ориентированной программы ИМ обладает следующими преимуществами:

- сокращение времени на разработку программы ИМ, так как существующие шаблоны покрывают большое количество типовых ситуаций по взаимодействию компонентов исследуемой сложной системы;
- упрощение отладки и верификации программы ИМ, так как взаимосвязи между классами, устанавливаемые шаблонами, неоднократно проверены и вероятность возникновения ошибок при их задании минимальна;
- высокая реентерабельность получаемой программы ИМ, так как шаблоны объектно-ориентированного проектирования позволяют легко изменять программу ИМ, сводя к минимуму необходимое для этого перепрограммирование.

С учетом данных преимуществ становится ясно, что при разработке программы ИМ с использованием языка, поддерживающего объектно-ориентированный подход, шаблоны объектно-ориентированного проектирования использовать можно и нужно. Опыт разработки имитационных моделей показал, что более эффективным является использование не стандартных шаблонов объектно-ориентированного проектирования, описанных, например, в [2],

а шаблонов объектно-ориентированного проектирования, разработанных специально для программирования ИМ.

При разработке объектно-ориентированной программы ИМ технологических процессов производства с иерархической структурой [5] с использованием системы моделирования MICIS 4 были дополнительно разработаны следующие шаблоны объектно-ориентированного проектирования.

**Шаблон формализации** предназначен для построения основных функциональных классов программы ИМ. Задача этого шаблона – преобразование трехуровневой формальной модели [5] во множество связанных классов в программе ИМ. В результате применения данного шаблона на выходе получается множество классов программы модели, сгруппированных по логическим уровням, как показано на рисунке 1.

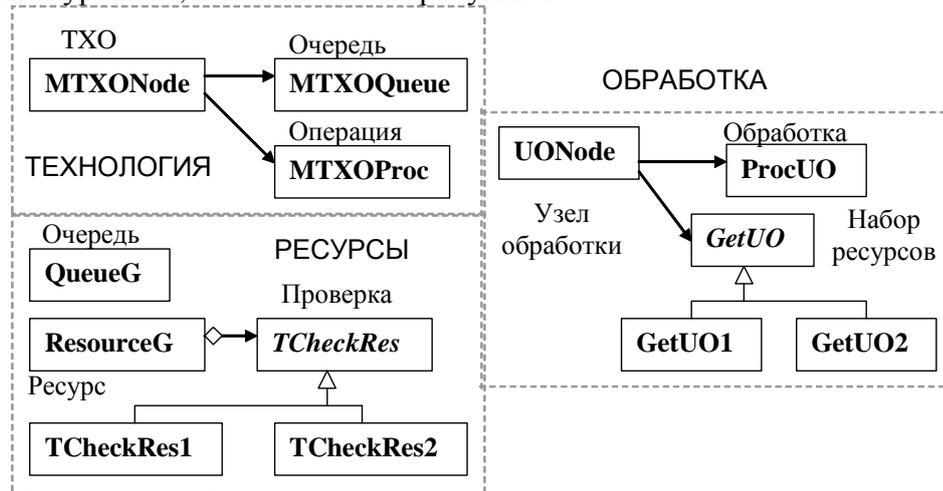


Рисунок 1 – Шаблон формализации

Уровень технологии в программе ИМ представляется тремя классами. Класс операции MTXONode представляет собой узел технологической операции, который внутри содержит очередь к операции и собственно операцию. Собственно операция реализована классом операции MTXOProc. Очередь к операции реализована классом MTXOQueue. Между классом узлом технологической операции и классами операции и очереди устанавливаются отношения осведомленности. Уровень обработки в программе ИМ представлен классом узла обработки UONode. С ним в отношении осведомленности находятся класс набора ресурсов GetUO и класс обработки ProcUO. Класс набора ресурсов является абстрактным. Его наследники (на рисунке 1 – GetUO1, GetUO2) реализуют различные стратегии набора ресурсов. Эта реализация осуществлена с использованием шаблона объектно-ориентированного проектирования «Strategy». Уровень ресурсов представлен классом очереди к ресурсу QueueG и классом ресурса ResourceG. Ресурс агрегирует абстрактный класс TCheckRes, наследники которого используются для создания групп локальных и глобальных ресурсов. Реализация взаимодействия между классами ResourceG и классом TCheckRes реализована с использованием шаблона объектно-ориентированного проектирования «State».

**Шаблон иерархий динамических элементов** предназначен для упрощения реализации иерархий динамических элементов технологических процессов производства и позволяет реализовывать эффективный код в каждом конкретном случае (размерность, конфигурация ЭВМ). Более того, использование шаблона иерархий динамических элементов позволяет изменять реализацию иерархий даже во время выполнения программы ИМ. Шаблон иерархий динамических элементов разработан на основе шаблона объектно-ориентированного проектирования «Bridge» (рисунок 2). Промежуточный класс MyTransaction (MyDevice), наследованный от базового класса CM MICIS 4 Transaction (Device), агрегирует абстрактный класс реализации иерархий TTnsFiling. Класс TTnsFiling предоставляет интерфейс для работы с вложенными операндами с помощью методов добавления, получения, удаления вложенных операндов. Класс является абстрактным, поэтому никакой реализации хранения операндов он не задает. Конкретные подклассы (TTnsF1 и TTnsF2 на рисунке 2), класса

TTnsFiling реализуют конкретный способ хранения вложенных операндов. В частности, это могут быть реализации, оптимизированные для малых и больших объемов вложенных операндов, оптимизированные по скорости выполнения или требования к определенным ресурсам ЭВМ (памяти, процессору). Так как все подклассы реализации иерархий имеют общего родителя, то появляется возможность подменять их в процессе выполнения программы ИМ. Возможность наследования позволяет легко модифицировать существующие реализации иерархий под каждую конкретную программу ИМ И-процессов.

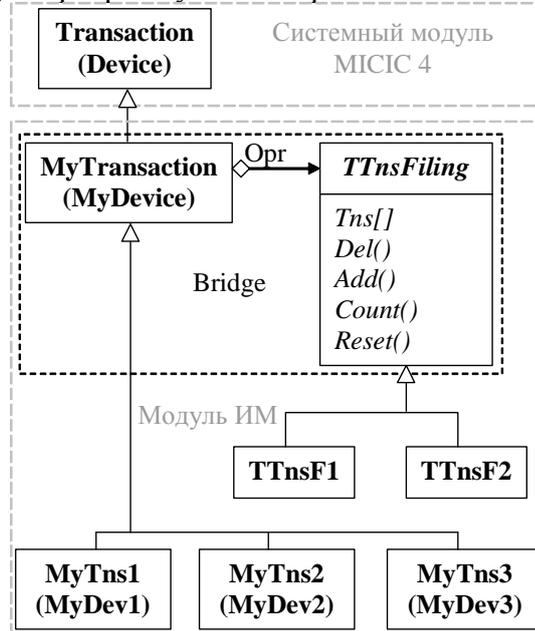


Рисунок 2 – Шаблон иерархий динамических элементов

Класс MyTransaction (MyDevice) используется в программе ИМ в качестве базового при создании транзакта (устройства) с поддержкой иерархий динамических элементов вместо базового класса СМ MICIC 4 Transaction (Device). Работа с этим классом не отличается от работы с базовым классом СМ. Наследники этого класса MyTnsn (MyDevn) используются для представления конкретных транзактов (устройств) в программе ИМ.

**Шаблон состояния** компонентов предназначен для эффективной реализации поддержки состояния компонентов технологического процесса производства с иерархической структурой. Это может быть изменение режима обработки в технологической операции, изменение маршрута перемещения операнда, изменение стратегии набора ресурсов и др. Этот шаблон основан на шаблоне объектно-ориентированного проектирования «State» (рисунок 3).

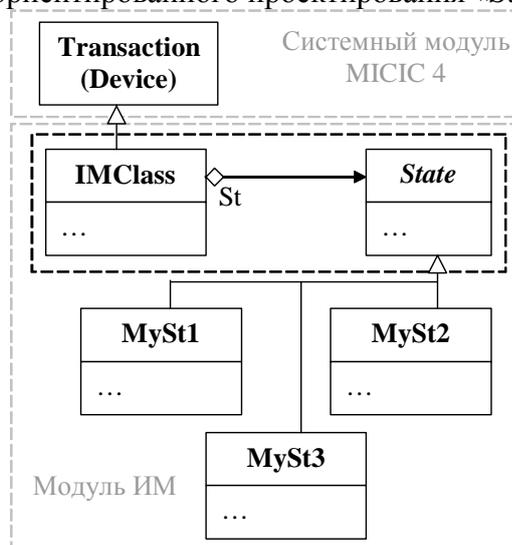


Рисунок 3 – Шаблон состояний компонентов

Суть применения этого шаблона заключается в вынесении в отдельные классы состояний объекта. При этом в программу вводится абстрактный класс, который выступает в качестве родительского для классов состояний. Объект не хранит в себе номер состояния или другую аналогичную информацию, а вместо этого агрегирует класс состояния, которому делегирует те операции, которые зависят от его состояния. Такая реализация позволяет независимо разрабатывать классы состояний, даже после того, как класс компонента уже реализован. Каждый класс состояния отвечает только за одно свое состояние, что упрощает его программирование и отладку. Возможность наследования позволяет строить иерархии классов состояний, легко модифицируя уже существующие. Вынос состояний в отдельные классы позволяет использовать одни и те же классы для представления состояний различных независимых компонентов технологического процесса производства с иерархической структурой.

**Шаблон сбора статистик** предназначен для реализации классов, осуществляющих вычисление откликов в процессе функционирования ИМ. СМ МІСІС 4 содержит встроенные средства для накопления результирующих значений и последующего вычисления различных видов откликов по ним. Однако для накопления этих значений в алгоритмы активностей требуется вставлять участки кода, осуществляющие их вычисление и сохранение. Такой подход при всей своей простоте использования приводит к усложнению чтения кода алгоритмов активностей и затрудняет поиск, отладку и изменение кода, осуществляющего сбор статистик. Для построения эффективного кода вычисления откликов ИМ эффективным будет разделение в программе кода, осуществляющего сбор статистик, от кода, моделирующего функционирование активностей модели. Для этого и предназначен шаблон сбора статистик (рисунок 4). Этот шаблон предназначен для проектирования сбора откликов как по уровням иерархических технологических процессов (ТП), так и по отдельным ТП. Идея этого шаблона заключается во введении в программу ИМ глобального объекта, который контролирует любые перемещения транзактов и изменения состояний компонентов в ИМ. Любые движения между элементами технологических процессов производства приводят к вызову метода сбора статистик класса *TRespTPP*. Виртуальный метод *UpdResponse()* этого класса анализирует тип транзакта, который переместился между элементами технологического процесса производства. Далее метод *UpdResponse()* пытается восстановить полную тройку связанных информационного, управляющего и ресурсного транзактов. Если перемещение было на уровне технологии, то восстанавливается только информационный транзакт. Если перемещение было на уровне обработки, то восстанавливаются информационный и управляющий транзакты. Если перемещение было на уровне ресурсов, то восстанавливается полная тройка из информационного, управляющего и ресурсного транзактов. Далее по положению информационного транзакта, характеризующего текущую технологическую операцию обработки операнда, вычисляются номер и уровень иерархии ТП. Следующим шагом выполняется передача информации в объекты классов *TRespN* и *TRespL* согласно номеру и уровню ТП соответственно.

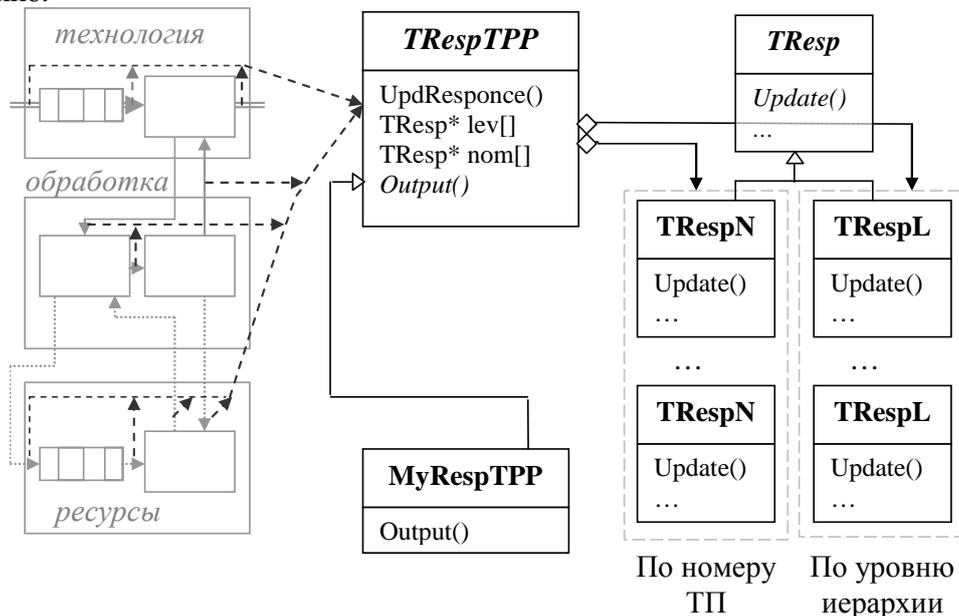


Рисунок 4 – Шаблон сбора статистик

За счет наличия одного абстрактного метода `Output()`, класс `TRespTPP` является абстрактным и в его наследнике нужно переопределить этот метод. Код, помещенный в этот метод, должен организовать вывод накопленной информации в требуемом для пользователя виде на экран, в файл и др. Агрегируемые объекты классов `TRespN` и `TRespL`, наследованные от базового абстрактного класса `TResp`, предназначены для сбора статистик по номеру и уровню ТП соответственно.

### Заключение

На основе разработанных шаблонов объектно-ориентированного проектирования была реализована программа ИМ технологических процессов производства с иерархической структурой. Использование шаблонов объектно-ориентированного проектирования позволило получить код программы, который может быть легко модифицирован исследователем, владеющим только основами объектно-ориентированного программирования. Шаблон формализации позволяет быстро перейти от формальной модели технологических процессов производства к программе ИМ. Шаблон сбора статистик упрощает вычисление откликов в модели. Шаблоны состояния и иерархий динамических элементов упрощают внутреннюю реализацию программы модели, позволяя одновременно выполнить ее эффективно и быстро. Предложенные шаблоны могут быть использованы и при разработке других ИМ.

**Резюме.** В статье рассмотрен актуальный вопрос повышения эффективности разработки имитационных моделей при использовании объектно-ориентированных языков программирования. Для упрощения этапа перехода от формальной модели к ее программе предлагается использовать шаблоны объектно-ориентированного проектирования. Демонстрируется техника применения таких шаблонов для разработки имитационной модели технологических процессов производства с иерархической структурой.

**Abstract.** The pressing question of working out imitating model efficiency increase using object-oriented programming languages is considered in the article. For simplification of transition from formal model to its program stage it is offered to use object-oriented designing templates. The technique of such template application for working out of imitating model programming of technological manufacture processes with hierarchical structure is shown.

### Литература

1. Левчук, В.Д. Базовая схема формализации системы моделирования MICIC4 // Проблеми програмування. – №1, 2005. – С. 85–96.
2. Приёмы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования: серия «Библиотека программиста» / Э. Гамма [и др.]; пер. А. Слинкин – СПб: Питер, 2001. – 368 с.
3. Чечет, П.Л. Использование паттернов проектирования в разработке имитационных моделей / П.Л. Чечет, В.Д. Левчук // Известия ГГУ им. Ф.Скорины. – Гомель. – 2007. – №6. – С. 131–135.
4. Чечет, П.Л. Актуальные шаблоны программирования имитационных моделей сложных систем / П.Л. Чечет, В.Д. Левчук // 3-я Всероссийская научн.-практ. конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2007, Санкт-Петербург, 17-19 октября 2007 г. – Режим доступа: <http://www.gpss.ru/immod07/doklad/27.html>. – дата доступа: 17.12.2007.
5. Чечет, П.Л. Взаимодействие подсистем и элементов имитационной модели производственного процесса с иерархической структурой / П.Л. Чечет // Сборник материалов IV международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 8-9 апреля 2004г. / УО "Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого". – Гомель, 2004. – С. 305–308.

## Исследование системы теплоснабжения на основе имитационной модели

Е. А. ЯКИМОВ

### Введение

Проблема управления системами централизованного теплоснабжения охватывает широкий комплекс взаимосвязанных вопросов, касающихся технической политики в области развития систем, их оптимального проектирования и управления режимами работы в процессе эксплуатации. Масштабы и уровень централизации систем теплоснабжения, усложнение их структуры выдвинули на первый план системные задачи расчета и оптимизации, определяющие экономическую эффективность систем, их надежность и управляемость при эксплуатации.

Обострившаяся в последние годы проблема экономии топливно-энергетических ресурсов усилила внимание планирующих, производственных и научно-исследовательских организаций к совершенствованию регулирования отпуска теплоты в системах централизованного теплоснабжения как к одному из сравнительно малозатратных резервов экономии топлива [1].

### Вербальная модель системы теплоснабжения

Современные централизованные системы теплоснабжения представляют собой сложный комплекс инженерных систем. Для обеспечения надежности функционирования таких систем требуется их иерархическое построение, при котором всю систему разделяют на ряд уровней, каждый из которых имеет свою задачу, значимость которой снижается с переходом от верхнего уровня к нижнему [2].

Верхний иерархический уровень составляют источники тепла, следующий уровень – магистральные тепловые сети с районными тепловыми пунктами (ТП), нижний – распределительные сети с абонентскими вводами потребителей.

Основой моделирования системы теплоснабжения города или района является системный анализ, центральной процедурой которого является построение обобщенной (единой) модели объекта, отражающей важнейшие факторы и взаимосвязи реальной системы. Это связано с созданием комплекса моделей с развитыми динамическими и информационными связями между моделями всех уровней.

Система теплоснабжения обладает следующими особенностями:

– высокий уровень неопределенности исходной информации, определяемой внутренней неопределенностью факторов, которые не контролируются полностью лицом, принимающим решение, и внешней неопределенностью, которая определяется характером взаимодействия с внешней средой (экологическая, демографическая, внешнеэкономическая ситуация и т.п.);

– сложная динамическая структура;

– большое число однотипных объектов, имеющих различные технические характеристики.

От центрального теплового пункта осуществляется теплоснабжение отдельных объектов со следующими основными техническими характеристиками: строительный объем здания по наружному обмеру,  $m^3$ ; удельная тепловая характеристика здания,  $kcal/m^3 \cdot C^\circ$ ; расчетная температура воздуха внутри помещения,  $C^\circ$  (рисунок 1).

Теплоноситель от источника тепла к центральному теплому пункту (ЦТП) подается по тепловому графику, который выбирается поставщиком тепловой энергии. Каждому значению текущей температуры наружного воздуха (ТНВ) должна соответствовать температура подающей и обратной воды.

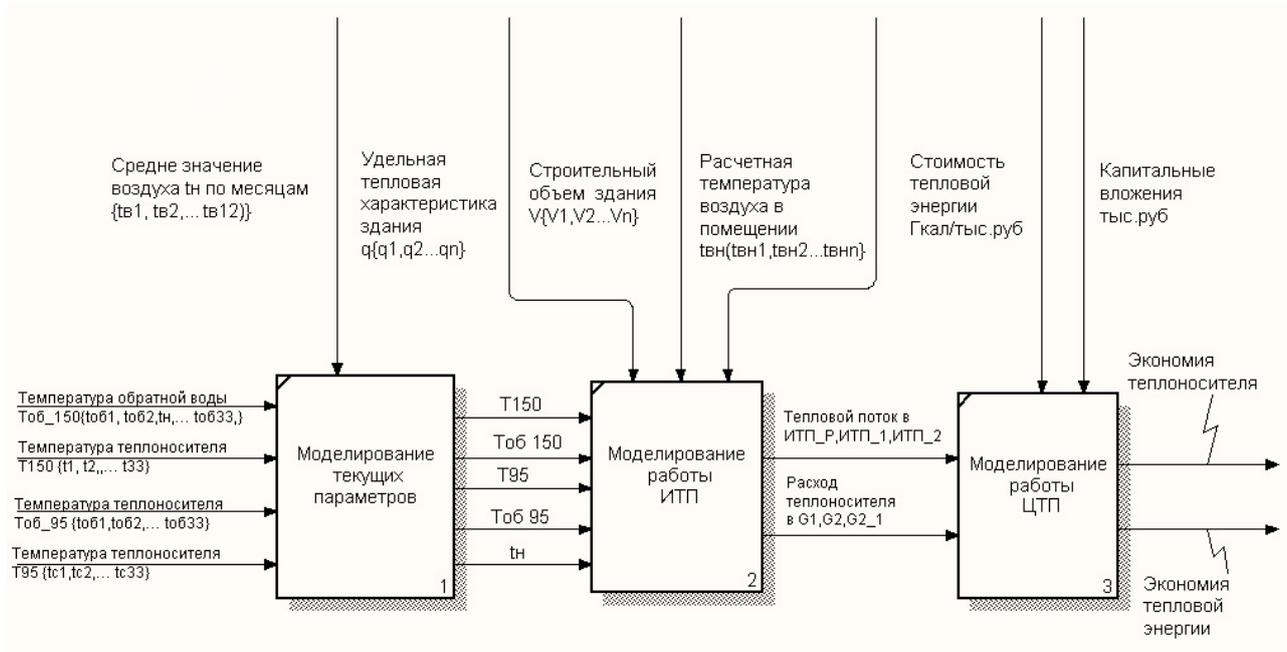


Рисунок 1 – IDEF0-диаграмма моделирования системы теплоснабжения

Выходными данными модели являются показатели работы центрального теплового пункта в течение нормативного срока окупаемости в сравнении с различными вариантами оснащения индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) при одинаковых внешних воздействиях. Такими показателями являются экономия теплоносителя (тонн) и экономия тепловой энергии (Гкал) за исследуемый период.

### Модель температуры наружного воздуха

Температура наружного воздуха является основным фактором, определяющим режим подачи теплоты для отопления зданий, имеет переменный характер, как в течение отопительного периода, так и в течение суток. Годовой и суточный ход температур наружного воздуха зависит, главным образом, от широты местности, времени года, географического расположения населенных пунктов. При этом колебания ТНВ имеют периодическую и случайную составляющие. Значительные суточные колебания ТНВ наблюдаются в зимнее время, например, в январе по Могилевской области согласно СНиП 2.01.01.-82 средняя и максимальная суточная амплитуда ТНВ составляет, соответственно,  $-5,9^{\circ}\text{C}$  и  $-20,1^{\circ}\text{C}$ .

Модель ТНВ в среде имитационного моделирования *PowerSim Studio* [3] представлена на рисунке 2. При этом ТНВ вычисляется на каждом шаге моделирования (каждый час) и определяется следующим выражением:

'Температура наружного воздуха' = 'Текущая среднемесячная температура наружного воздуха' + 'Уровень температуры' + 'Случайные колебания температуры', где переменная 'Случайные колебания температуры' моделирует местные изменения температуры, воздействующей на наружную поверхность здания, включающие кратковременные осадки, порывы ветра, изменения солнечной активности и определяется, в свою очередь, по формуле:

'Случайные колебания температуры' = IF (Триггер = TRUE; Случайность\*1<<t>>; 0<<t>>); Случайность\*1=RANDOM(0;1); Триггер = {TRUE; FALSE}.

Изменения температуры в течение суток определяет переменная «Уровень температуры», входящий поток контролирует переменная «Тепло», которая задана периодической функцией с периодом 24 часа:

'Тепло' = SINWAVE('Средняя амплитуда колебания тнв за сутки'; Период)/1<<hr>>, где амплитуда задана константой:

'Средняя амплитуда колебания тнв за сутки'=6<<t>>.

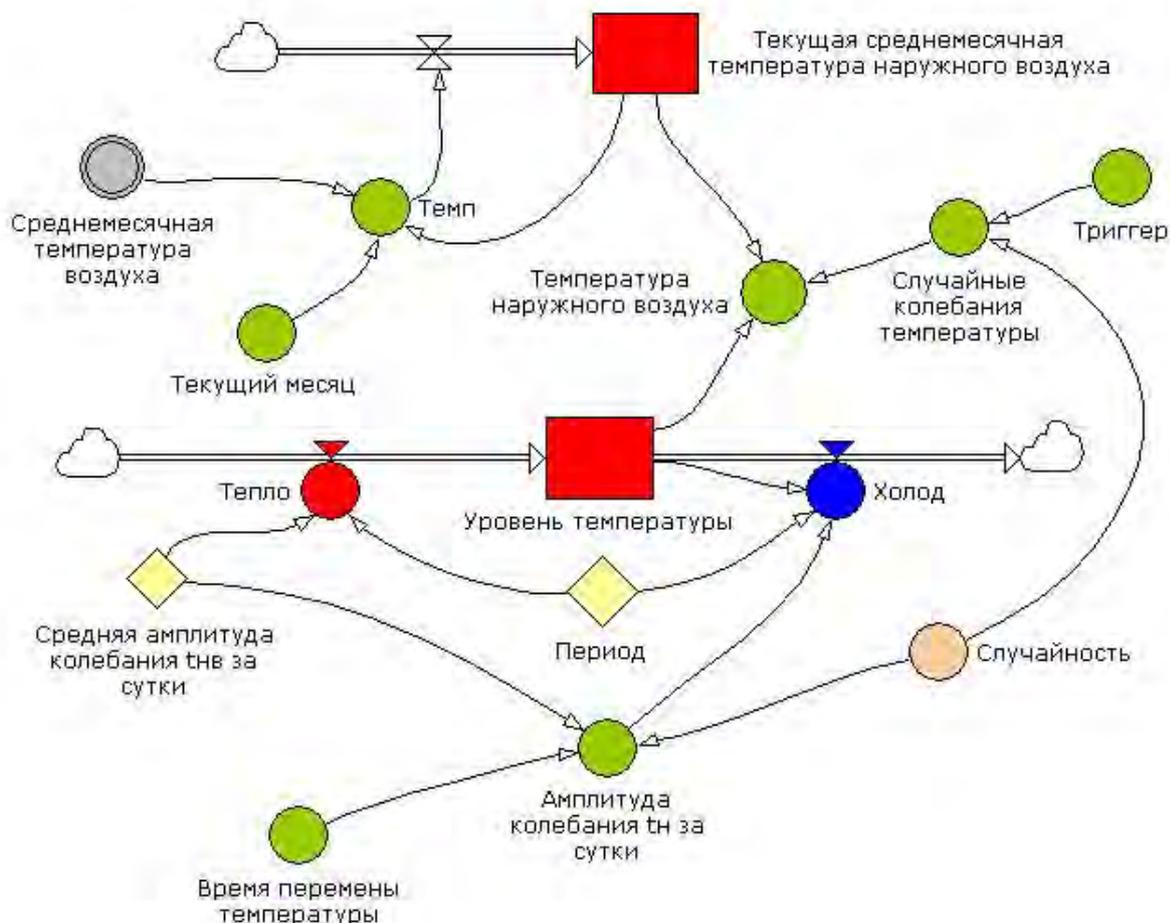


Рисунок 2 – Модель температуры наружного воздуха

Выходящий поток контролирует переменная «Холод», которая также является периодической функцией:

'Холод' = ('Уровень температуры' + SINWAVE('Амплитуда колебания  $t_{нв}$  за сутки'; Период))/1<<hr>>, при этом амплитуда колебания изменяется случайным образом по нормальному закону:

'Амплитуда колебания  $t_{нв}$  за сутки' = NORMAL(0;0,5)\*'Средняя амплитуда колебания  $t_{нв}$  за сутки'\*SAMPLEIF ('Время перемены температуры'; Случайность).

Переменная «Текущая среднемесячная температура наружного воздуха» определяет изменения среднемесячной температуры в течение суток и корректируется ежемесячно:

'Темп' = ('Среднемесячная температура воздуха'[INDEX('Текущий месяц')] – 'Текущая среднемесячная температура наружного воздуха')/1<<mo>>, где 'Текущий месяц' = MONTH(TIME).

### Модель индивидуального теплового пункта с элеватором

Индивидуальные тепловые пункты для получения требуемой температуры теплоносителя оснащены узлом смешения (элеватором), который предназначен для понижения температуры теплоносителя, поступающего от источника тепла по тепловому графику 150/70 до параметров графика 95/70. Элеватор представляет собой струйный насос, имеет низкую стоимость и высокую надежность в работе.

Модель работы индивидуального теплового пункта, оснащенного элеваторным узлом смешения, представлена на рисунке 3.

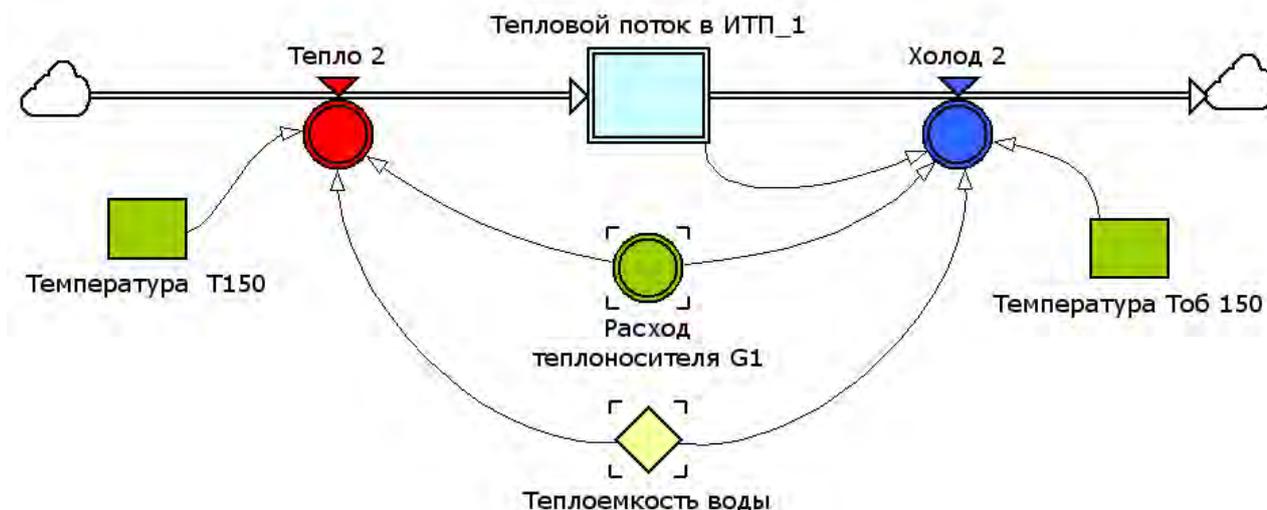


Рисунок 3 – Модель ИТП с элеваторным узлом смешения

Переменные 'Тепло 2' и 'Холод 2' контролируют количество тепла, которое поступает с теплоносителем и, соответственно, выходит из индивидуального теплового пункта обогреваемого здания. Переменная 'Тепловой поток в ИТП\_1' определяет поток тепловой энергии, поступающей для отопления здания, и вычисляется на каждом шаге моделирования. Переменные представлены следующим образом:

'Тепло 2'='Температура T150'\*Расход теплоносителя G1\*'Теплоемкость воды';

'Холод 2'='Тепловой поток в ИТП\_1'/TIMESTEP +'Температура Тоб 150'\* Расход теплоносителя G1\*'Тепл.

Индивидуальный тепловой пункт с элеваторным узлом смешения не обеспечивают необходимых параметров в диапазоне положительных температур, что приводит к перегреву здания, ухудшению микроклимата внутри помещений и потерям тепловой энергии. Во избежание указанных недостатков в настоящее время в тепловых пунктах устанавливаются различные системы автоматического регулирования параметров теплоносителя по температуре наружного воздуха.

### Модель индивидуального теплового пункта с системой автоматического регулирования

Модель работы индивидуального теплового пункта, оснащенного системой автоматического регулирования, представлена на рисунке 4. Температура теплоносителя формируется регулятором по тепловому графику 95/70, который заложен в память электронного блока и может корректироваться непосредственно в тепловом пункте здания, что позволяет учитывать его тепловую характеристику.

Переменные в модели ИТП на рисунке 4 представлены следующим образом:

'Тепло 3' = 'Расход теплоносителя G2\_1'\*Температура T95\*'Теплоемкость воды';

'Холод 3'='Тепловой поток в ИТП\_2'/TIMESTEP + 'Расход теплоносителя G2\_1'\*Температура Тоб 95\*'Теплоемкость воды';

'Расход теплоносителя G2' = 0,9\*'Расход теплоносителя G2\_1'\*((Температура T95' – Температура Тоб 95') / (Температура T150' – Температура Тоб 95')).

В обобщенной модели теплоснабжения разработаны также модели температуры теплоносителя прямой сетевой перегретой воды и обратной воды по отопительному графику 95/70, центрального теплового пункта и определения экономии теплоносителя и тепловой энергии в центральном тепловом пункте.

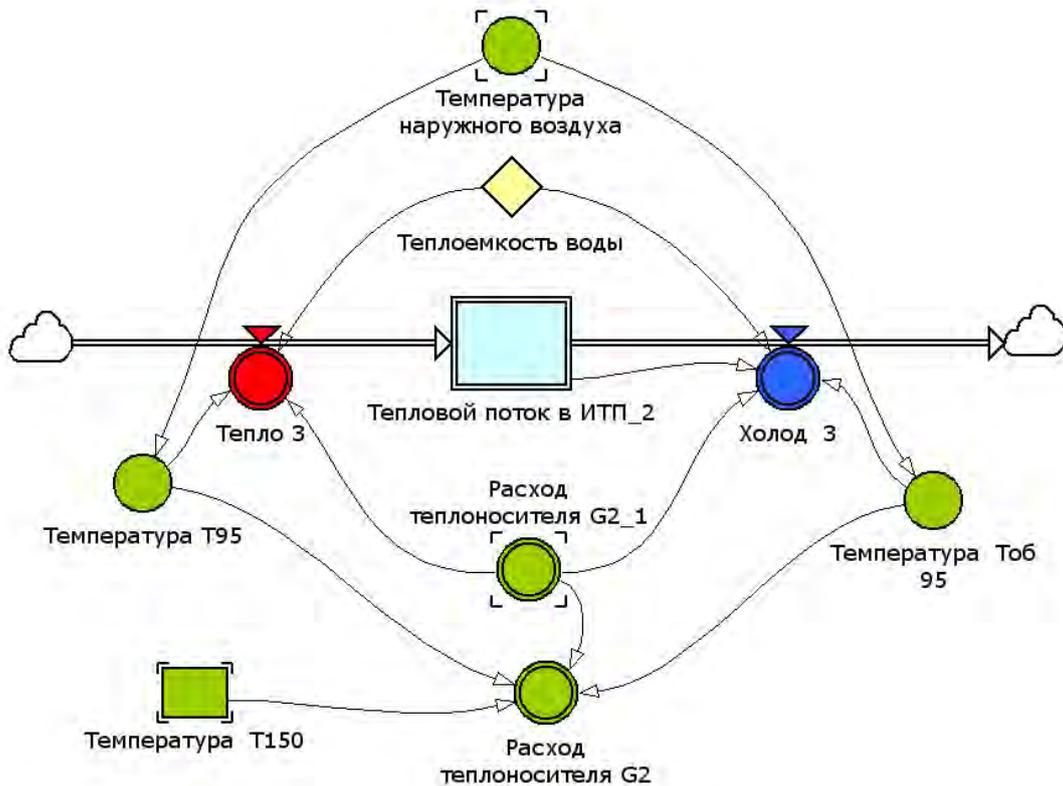


Рисунок 4 – Модель ИТП с системой автоматического регулирования температуры

Для реализации проекта реконструкции тепловых пунктов потребителей необходимы капитальные вложения. Предполагается, что срок окупаемости составит не более трех лет и в дальнейшем будет получен положительный экономический эффект. В ходе проведения имитационного эксперимента при достижении события, когда капитальные вложения компенсируются экономией тепловой энергии, модель выдает сообщение о наступлении этого события (рисунок 5).

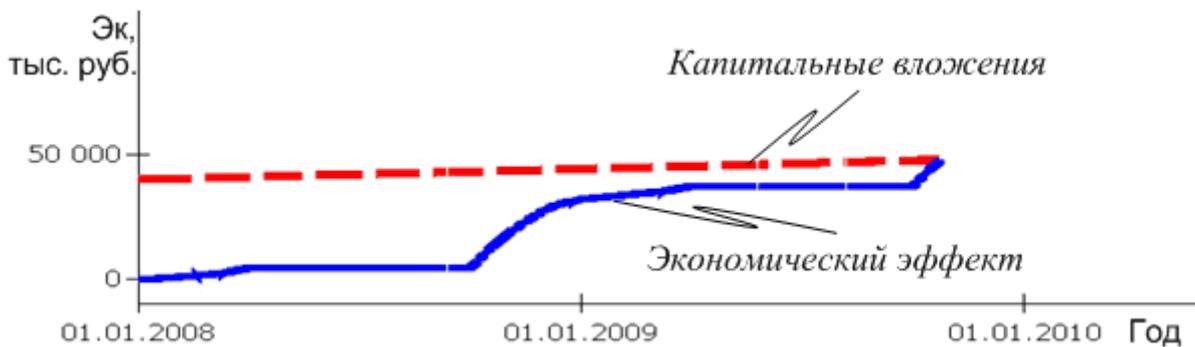


Рисунок 5 – Результат моделирования экономии тепловой энергии

### Заключение

Модель структуры системы теплоснабжения позволяет оценить применение систем регулирования температуры теплоносителя на предпроектной стадии их внедрения и принять решение о целесообразности использования таких систем для различных внешних условий.

**Резюме.** Разработана имитационная модель системы теплоснабжения зданий. Представлены результаты исследования на предпроектной стадии внедрения индивидуальных тепловых пунктов с автоматической системой регулирования температуры теплоносителя.

**Abstract.** The imitating model of a building heat supply system is developed. The research results at a predesign stage of individual thermal point introduction with automatic regulation system of heat-carrier temperature are presented.

### Литература

1. Ионин, А. А. Теплоснабжение / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Бротенков: учебник для ВУЗов. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.: ил.
2. Згуровський, М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. – К.: Видавнична група ВНУ, 2007. – 544 с.: іл.
3. Сидоренко, В. Н. Системно-динамическое моделирование в среде Powersim : справ. по интерфейсу и функциям / В. Н. Сидоренко. – М.: МАКС пресс, 2001. – 159 с. : ил.

Белорусско-Российский университет

Поступило 27.04.10

## Имитационное моделирование предприятия общественного питания

А. И. ЯКИМОВ, Д. М. АЛБЕКЕИРАТ

### Введение

Особенности современной реальности требуют от субъектов экономических взаимоотношений проведения глубокого анализа производственной деятельности, чтобы обеспечить эффективное использование наличных ресурсов и качественное удовлетворение потребительских требований.

На основе имитационной модели можно построить самые точные и действенные методы анализа и прогнозирования показателей эффективности бизнес-процессов. Имитационное моделирование является единственным методом, который обеспечивает как точный анализ, так и визуальное представление альтернативных вариантов [1].

Разработка имитационной модели производственной деятельности предприятия общественного питания позволяет автоматизировать труд менеджера, целью которого является снижение затрат путем уменьшения до минимума количества обслуживающего персонала. При этом время, потраченное клиентами на ожидание в очереди (если таковая образовалась на входе), должно быть минимальным. Возникновение очереди вызывается отсутствием свободных мест в зале предприятия. Чтобы добиться цели, менеджеру необходимо получить от модели следующую информацию: количество обслуживающего персонала, количество неубранных мест, число посетителей, ожидающих в очереди у входа на обслуживание.

### Вербальная модель предприятия общественного питания

В качестве объекта исследования рассматривается ресторан сети отелей First Hotel Amaranten (Швеция). Основная сфера деятельности ориентирована на обслуживание завтраков по принципу «шведского стола». Так как число клиентов в отеле может варьироваться от 180 до 800 в зависимости от сезона и дней недели, количество работников непостоянно. Кроме основного штата (5 рабочих дней в неделю, время работы с 6.00 до 14.00), привлекается дополнительный персонал, рабочее время которых зависит от объёма текущей работы.

Отсутствие определённого количества клиентов в отеле определяет особенность, связанную с предварительным заказом товаров: необходимо контролировать наличие продуктов на складе, т.к. значительные запасы могут привести к порче скоропортящихся продуктов и, следовательно, к убыткам.

Два зала ресторана могут вмещать в себя одновременно 170 посетителей (110 и 60 человек, соответственно). При небольшом количестве клиентов в отеле открыт только зал на 110 персон, что снижает нагрузку на персонал. Поток посетителей непредсказуем. В связи с этим, перед входом в ресторан иногда образуются очереди. Однако следует отметить, что поток посетителей заметно возрастает после 8 часов (8.30 по выходным дням) и количество посетителей, обслуженных с 8 (8.30) до 10 (10.30) часов, в два раза больше, чем за период с 6.30 (7.00) до 8.00 (8.30). Время завтрака каждого посетителя также различно и варьируется от 10 до 50 минут.

Задача работников в зале заключается в том, чтобы убрать место за клиентом, покинувшим зал, как можно скорее, чтобы освободить место для следующего посетителя. На это уходит от 0,5 до 1,5 минут, определяемое объёмом использованной посуды и удалённостью обслуживаемого места от кухни. Задачей служащих также является своевременный вынос

чистой посуды в зал. Это происходит, когда на мойке скапливается достаточное количество чистой посуды, чтобы заполнить тару для выноса и необходимо дать посуде некоторое время (10-15 минут), чтобы пройти через посудомоечную машину и обсохнуть.

Набор блюд состоит в среднем из 66 наименований и рассчитан на 200 человек. Замечено, что пополнение набора блюд начинается приблизительно после прихода 30-го посетителя и осуществляется на протяжении остального времени работы ресторана пропорционально количеству обслуженных посетителей. За 5 минут до закрытия ресторана пополнение блюд прекращается.

### **Имитационная модель предприятия общественного питания**

Разработанная имитационная модель в среде GPSS World использует транзактный способ имитации, позволяет автоматизировать труд менеджера [2].

В центре обслуживания моделируемой системы входными данными являются: число клиентов, частота их появления в ресторане; время, потраченное посетителем на завтрак, количество обслуживающего персонала в зале и на кухне; время, потраченное служащим на уборку одного места, на пополнение набора блюд, на вынос чистой посуды, на восполнение запаса блюд в холодильниках и на уборку помещений. В ходе исполнения модели клиенты переходят из блока в блок программы модели со скоростью, соответствующей времени обслуживания.

Алгоритм имитации производственной деятельности предприятия представлен следующей последовательностью шагов.

*Шаг 1.* Выбор способа генерации транзактов в зависимости от времени, прошедшего с начала работы ресторана.

*Шаг 2.* Распределение клиентов на завтрак в зале ресторана (99,2%) и на заказ завтрака в номер (0,8%).

*Шаг 3.* Приоритетное выполнение заказа на завтрак в номере.

*Шаг 4.* Проверка необходимости прекращения пополнения набора блюд. Если до закрытия ресторана остается 5 минут, то набор блюд не пополняется и транзакт переходит к шагу 6. В противном случае – переход к шагу 10.

*Шаг 5.* Проверка наличия свободных мест в залах ресторана. При наличии свободных мест – переход к шагу 6.

*Шаг 6.* Клиент завтракает в зале ресторана. После завершения завтрака покидает ресторан.

*Шаг 7.* Уборка стола.

*Шаг 8.* Проверка количества вошедших клиентов. При количестве клиентов больше 30 – переход к шагу 10, в противном случае – переход к шагу 9

*Шаг 9.* Проверка числа позавтракавших клиентов. При числе 50 – вынос чистой посуды.

*Шаг 10.* Пополнение набора блюд на кухне.

*Шаг 11.* Проверка времени окончания работы ресторана. В случае окончания работы – остановка, в противном случае – переход к шагу 1.

В качестве наблюдаемых величин в модели использованы следующие многоканальные устройства и таблицы: HALL, HALL1 и HALL2 – для анализа вместимости всего ресторана и двух его залов, соответственно; KEMPL и EMPL – количество работников на кухне и в зале для учёта загруженности работников; WTIME – анализ ожидания посетителем свободного места; STIME – очередь неубранных столов, место может быть неубранным не более 10 минут; BUTIME – анализ времени наполнения набора блюд, которое должно быть минимальным; KTIME – время ожидания пополнения блюд, которые должны быть подготовлены на кухне в разные интервалы модельного времени, очередь может быть настолько длинной, насколько это позволяет запас блюд на кухне, сведения о котором заносятся в таблицу FSTORE; VTIME – время, проведённое посетителем на завтраке. За единицу модельного времени выбрана секунда, т.к. при большом наплыве клиентов среднее время прихода между ними составляет лишь несколько секунд.

### Эксплуатация имитационной модели

При эксплуатации модели менеджер может определить зависимость между числом клиентов, обратившихся за обслуживанием, и временем ожидания в очереди, а также число необслуженных клиентов. Затем полученную информацию можно сопоставить с требованиями, предъявляемыми к данной системе массового обслуживания, и допустимыми ограничениями. Затем в интерактивном режиме вводятся в модель некоторые изменения, например, количество обслуживающего персонала, и снова запускается модель на исполнение до получения наилучшего результата.

Исследование модели проведено при максимальном количестве посетителей (800 человек). Количество персонала составляет 13 человек, из них 3 работают на кухне (KEMPL), остальные – в зале (EMPL). Результаты представлены на рисунке 1.

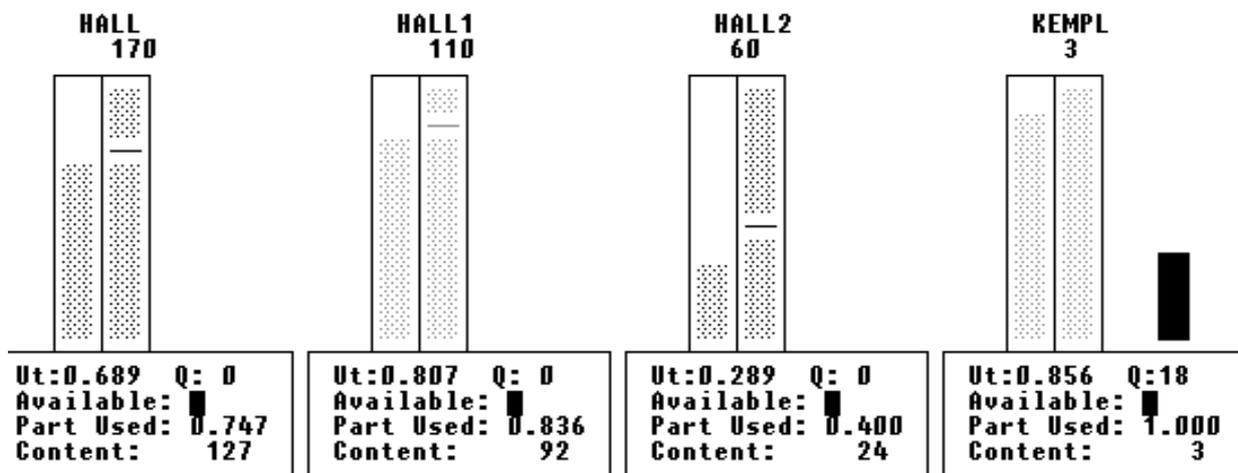


Рисунок 1 – Диаграмма занятости многоканальных устройств

Загруженность ресторана (HALL) составляет 0,689; первого (HALL1) и второго (HALL2) залов, соответственно, 0,807 и 0,289. В отдельные моменты времени залы ресторана были заполнены полностью. Мест в ресторане для обслуживания максимального количества клиентов достаточно, т.к. все успели войти в ресторан и занять места до закрытия.

Загруженность персонала в зале (EMPL) и на кухне (KEMPL) составляет, соответственно, 0,738 и 0,856 (рисунок 1). На момент закрытия ресторана остается достаточно большое количество невыполненных заданий, что увеличивает объем работы, приходящейся на период после его закрытия.

Время завтрака посетителей распределено по закону, представленному на рисунке 2. Среднее время завтрака составляет 33 минуты (1977,4 сек).

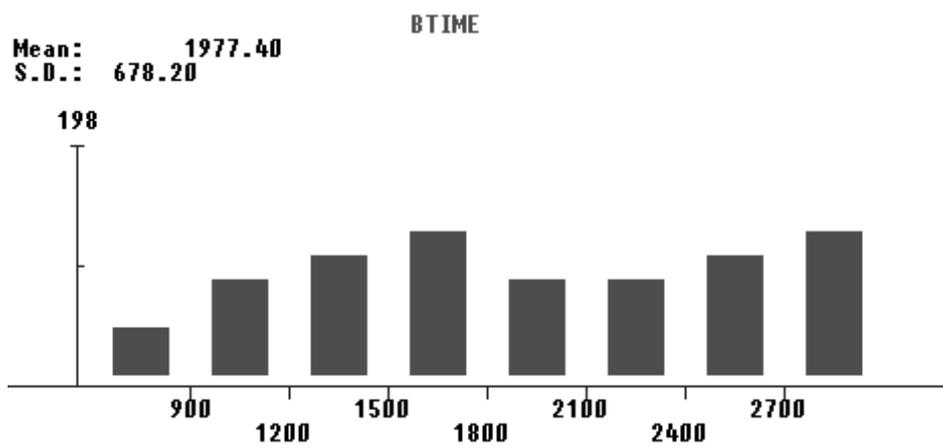


Рисунок 2 – График распределения времени, затраченного клиентом на завтрак

Из графика на рисунке 3 видно (WTIME), что части клиентов пришлось провести в ожидании до 8 минут, пока освободятся места, что является недопустимым с точки зрения качества обслуживания клиентов. Возникновение очереди на свободные места в ресторане, как показано на рисунке 3 (CTIME), обусловлено большим временем ожидания уборки столов (до 8 минут).

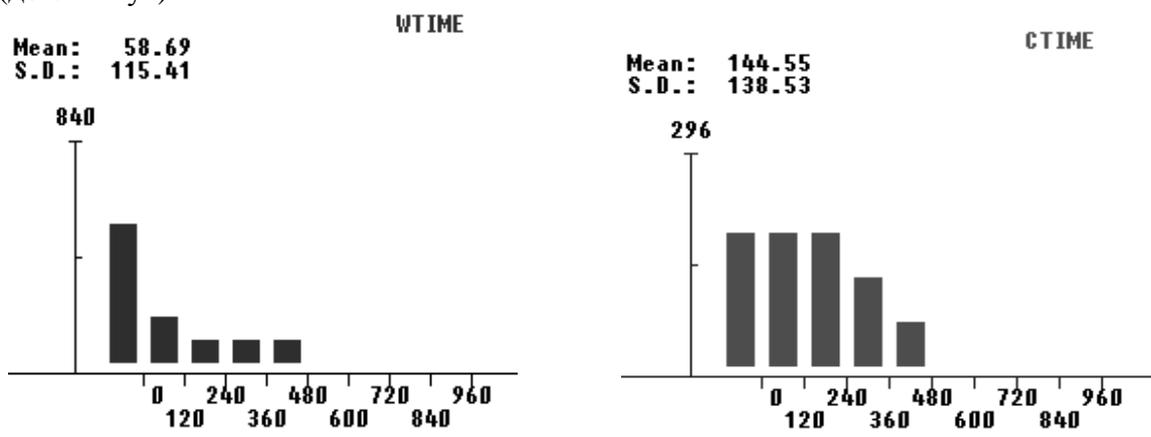


Рисунок 3 – График (WTIME) распределения времени ожидания клиентом свободного места и график (CTIME) распределения времени ожидания уборки столов

Аналогичная ситуация наблюдается при пополнении набора блюд (рисунок 4). Блюда оставались пустыми 150 раз в течение 30 секунд и 27 раз от 30 до 120 секунд, что не отвечает требованиям, предъявляемым к обслуживанию посетителей.

Не лучшим образом складывалась и работа на кухне, где на ожидание подготовки одного блюда уходило до 16 минут и более.

Таким образом, на основании исследования имитационной модели можно сделать вывод, что персонала из 13 человек недостаточно для обслуживания максимального числа посетителей.

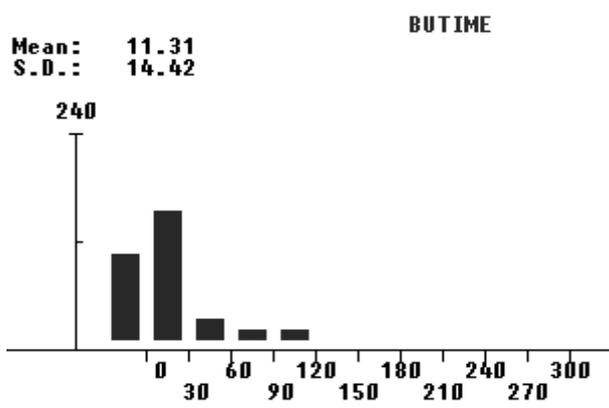


Рисунок 4 – График распределения времени ожидания замены пустых блюд

### Заключение

В ходе эксплуатации имитационной модели определена зависимость между числом посетителей, временем ожидания освободившегося места, временем, прошедшим между моментом, когда место освободилось, и моментом, когда оно было убрано, количеством обслуживающего персонала. Установлено, как долго блюдо в зале оставалось пустым и сколько времени прошло, прежде чем работник на кухне приступил к пополнению запаса определённого блюда на кухне. Полученная информация сопоставлена с требованиями, предъявляемыми к данной системе массового обслуживания, и допустимыми ограничениями, а затем менеджером в модель были внесены изменения (увеличено количество обслуживающего персонала) для получения требуемого результата по обеспечению качества обслуживания клиентов.

**Резюме.** Разработана имитационная модель предприятия общественного питания. Представлены результаты исследования имитационной модели.

**Abstract.** The public catering establishment imitating model is developed. The research results of imitating model are presented.

### Литература

1. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS / В. Кельтон, А. Лоу : 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. – 847 с.: ил.
2. Боев, В. Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: учеб. пособие / В. Д. Боев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 368 с.: ил.

Белорусско-Российский университет

Поступило 27.04.10

УДК 517.977

## Метод оптимального управления нагревом стержня

Д. С. КУЗЬМЕНКОВ

### Введение

В конце 40-х годов прошлого века появилась теория оптимального управления, являющаяся одним из разделов вариационного исчисления. Задачи, исследуемые в новой теории [7, 8], принципиально отличались от задач классического вариационного исчисления, прежде всего важной ролью геометрических ограничений на управляющие воздействия. Первым фундаментальным результатом теории оптимального управления был принцип максимума Понтрягина [6]. Он описывает необходимые условия оптимальности программных решений задач оптимального управления. После появления принципа максимума Понтрягина началось быстрое развитие теории оптимального управления. В основном исследовались оптимальные программы. Первые задачи оптимального управления, поставленные и решенные специалистами по автоматическому регулированию более 50 лет назад, состояли в синтезе оптимальных обратных связей. На синтез оптимальных замкнутых систем управления нацелен второй фундаментальный метод теории оптимального управления — динамическое программирование Беллмана [1]. Проблема оптимального управления по классическому принципу замкнутого контура до сих пор остается нерешенной даже для обыкновенных систем, несмотря на применение принципа максимума и динамического программирования.

В работе рассматривается одна из задач оптимального управления системами с распределенными параметрами — задача оптимального управления нагревом стержня. Задачи оптимального управления системами с распределенными параметрами [2], описываемые уравнениями с частными производными, значительно сложнее аналогичных задач для обыкновенных динамических систем. В работе предлагается метод приближенного решения задачи оптимального управления нагревом стержня путем сведения ее к задаче оптимального управления большой динамической системой, поведение которой описывается большим числом обыкновенных дифференциальных уравнений. Процесс синтеза оптимальных обратных связей для таких систем является очень сложным. Поэтому в данной работе для оптимального управления большими динамическими системами используется принцип оптимального управления в реальном времени [5], согласно которому оптимальная обратная связь не строится, а ее текущие значения вычисляются в режиме реального времени по ходу процесса управления. В работе предлагается метод оптимального управления в реальном времени нагревом стержня.

### 1 Постановка задачи

Пусть  $l, L > 0$ ,  $t_*, t^* > t_*$  — константы;  $\Omega = S \times T$ ,  $S = [0, l]$ ,  $T = [t_*, t^*]$ ;  $T_h = \{t_*, t_* + h_t, \dots, t^* - h_t\}$ ,  $h_t = (t^* - t_*)/N$ ,  $N$  — натуральное число;  $a(s, t), \mu(t), x_0(s), y(s) \in \mathfrak{R}$ ,  $s \in S, t \in T$ , — непрерывные функции;  $g_*, g^*, \varphi(s) \in \mathfrak{R}^m$ ,  $s \in S$ ;  $U = \{u \in \mathfrak{R} : |u| \leq L\}$ . Функция  $u(\cdot) = (u(t), t \in T)$  называется дискретной, если  $u(t) \equiv u(\tau)$ ,  $t \in [\tau, \tau + h_t[$ ,  $\tau \in T_h$ .

В классе дискретных управляющих воздействий  $u(\cdot)$ , рассматриваемая задача имеет вид:

$$J(u) = \int_{t_*}^{t^*} |u(t)| dt \rightarrow \min, x_t = a(s, t)x_{ss}, (s, t) \in \Omega;$$

$$x_s(0, t) = \mu(t)[u(t) - x(0, t)], x_s(l, t) = 0; x(s, t_*) = x_0(s), s \in S; \quad (1)$$

$$g_* \leq \int_0^l [x(s, t^*) - y(s)] \varphi(s) ds \leq g^*; u(t) \in U, t \in T;$$

где  $x = x(s, t) \in \mathfrak{R}$  — температура в точке  $s$  в момент времени  $t$ ,  $u = u(t) \in \mathfrak{R}$  — температура среды на левом конце стержня.

Аппроксимируя уравнение объекта управления методом прямых, задачу (1) заменим на следующую задачу оптимального управления:

$$J(u) = \int_{t_*}^{t^*} |u(t)| dt \rightarrow \min; \quad (2)$$

$$x_i(s_1, t) = a_1(t)[(h_s \mu(t) - 1)x(s_1, t) + x(s_2, t)] - h_s a_1(t) \mu(t) u(t);$$

$$x_t(s_i, t) = a_i(t)[x(s_{i-1}, t) - 2x(s_i, t) + x(s_{i+1}, t)], i = \overline{2, n-1}; \quad (3)$$

$$x_t(s_n, t) = a_n(t)[x(s_{n-1}, t) - x(s_n, t)];$$

$$x(s_i, t_*) = x_0(s_i), i = \overline{1, n};$$

$$g_* \leq h_s \sum_{i=1}^n [x(s_i, t^*) - y(s_i)] \varphi(s_i) ds \leq g^*, u(t) \in U; \quad (4)$$

где  $s_i = ih_s$ ,  $a_i(t) = a(s_i, t)/h_s^2$ ,  $t \in T$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $h_s = l/(n-1)$ ,  $n \in \mathbb{N}$ .

## 2 Основные элементы метода

Применяя формулу Коши  $x(s_i, t) = \sum_{j=1}^n f(s_i, t; s_j, t_*) x_0(s_j) + \sum_{\theta=t_*}^{t-h_t} f_h(s_i, t; s_1, \theta) u(\theta)$ ,  $i = \overline{1, n}$ , получаем функциональную форму задачи (2)–(4):

$$\sum_{t \in T_h} c(t) |u(t)| \rightarrow \min, \tilde{g}_* \leq \sum_{t \in T_h} d'(t) u(t) \leq \tilde{g}^*, u(t) \in U, t \in T; \quad (5)$$

где  $\tilde{g}_* = g_* - h_s \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^n f(s_i, t^*; s_j, t_*) x_0(s_j) - y(s_i) \right) \varphi(s_i)$ ,  $\tilde{g}^* = g^* - h_s \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^n f(s_i, t^*; s_j, t_*) \times x_0(s_j) - y(s_i) \right) \varphi(s_i)$ ;  $c(t) = h_t$ ;  $f_h(s_i, t; s_1, \theta) = h_s \int_{\theta}^{\theta+h_t} a_1(\xi) f(s_i, t; s_1, \xi) \mu(\xi) d\xi$ ,  $t, \theta \in T_h$ ;  $d(t) = \sum_{i=1}^n f_h(s_i, t; s_1, t_*)$ ,  $t \in T_h$ ;  $f(s_i, t; s_j, \theta)$ ,  $i, j = \overline{1, n}$ ,  $\theta \in T_h$ , — элементы фундаментальной матрицы системы (3).

Чтобы избавиться от модуля под знаком интеграла, можно сделать замену  $u(t) = u_1(t) - u_2(t)$ , причем  $0 \leq u_i(t) \leq L$ ,  $i = 1, 2$ . Тогда задачу (5) можно записать и в другой форме:

$$\sum_{t \in T_h} c(t) (u_1(t) + u_2(t)) \rightarrow \min,$$

$$\tilde{g}_* \leq \sum_{t \in T_h} d'(t) (u_1(t) - u_2(t)) \leq \tilde{g}^*, \quad (6)$$

$$u_j(t) \in U_j = \{u_j \in R : 0 \leq u_j \leq L\}, j = 1, 2, t \in T_h.$$

Задача (6) имеет  $m$  основных двухсторонних ограничений и  $2N$  переменных.

Из множеств  $I = \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $T_h$  выделим произвольные подмножества  $I_{\text{оп}} \subset I$ ,  $T_{\text{оп}} \subset T_h$ , такие что  $|I_{\text{оп}}| = |T_{\text{оп}}|$ ,  $T_{\text{оп}} = T_{\text{оп}}^1 + T_{\text{оп}}^2$ ,  $T_{\text{оп}}^1 \cap T_{\text{оп}}^2 = \emptyset$ . Составим матрицу  $D_{\text{оп}} = D(I_{\text{оп}}, T_{\text{оп}})$

$$D(I_{\text{оп}}, T_{\text{оп}}) = \begin{pmatrix} \bar{d}_i(t), & t \in T_{\text{оп}} \\ i \in I_{\text{оп}} \end{pmatrix},$$

где  $\bar{d}_i(t) = d_i(t)$ ,  $t \in T_{\text{оп}}^1$ ,  $\bar{d}_i(t) = -d_i(t)$ ,  $t \in T_{\text{оп}}^2$ .

Пару  $K_{\text{оп}} = \{I_{\text{оп}}, T_{\text{оп}}\}$  назовём *опорой* задачи (1), если  $\det D_{\text{оп}} \neq 0$ . При  $I_{\text{оп}} = \emptyset$ ,  $T_{\text{оп}} = \emptyset$ , пара  $K_{\text{оп}}$  — пустая опора по определению. Совокупность  $\{u(\cdot), K_{\text{оп}}\}$  из программы  $u(\cdot)$  и опоры  $K_{\text{оп}}$  будем называть *опорной программой*.

Элементы, сопровождающие опорную программу  $\{u(\cdot), K_{\text{оп}}\}$ , для задачи (6) (допустимая траектория, выходной сигнал, вектор потенциалов, копрограмма, псевдопрограмма, выходной псевдосигнал, псевдотраектория) вводятся аналогично с [4].

В основе двойственного метода вычисления оптимальной программы задачи (1) лежат методы линейного программирования и процедура квазидекомпозиции фундаментальной матрицы решений системы (1). Эта процедура позволяет быстро вычислять значения функции  $d(t)$ ,  $t \in T_h$ , что играет значительную роль при оптимальном управлении в реальном времени для больших значений  $n$ . С процедурой квазидекомпозиции фундаментальной матрицы решений системы подобной (1) и динамической реализацией двойственного метода [3] можно ознакомиться в [4].

### 3 Алгоритм работы оптимального регулятора

Оптимальная программа  $u^0(t) = u^0(t|t_*, x_0(\cdot))$ ,  $t \in T_h$ , задачи (2)–(4) определяется традиционно [3]. Замкнем реальную систему оптимальной обратной связью и запишем поведение замкнутой системы в точках  $s_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ :

$$x_t(s_1, t) = a_1(t)[(h_s \mu(t) - 1)x(s_1, t) + x(s_2, t)] - h_s a_1(t) \mu(t) u^0(t, x(t)) + w;$$

$$x_t(s_i, t) = a_i(t)[x(s_{i-1}, t) - 2x(s_i, t) + x(s_{i+1}, t)] + w, i = \overline{2, n-1};$$

$$x_t(s_n, t) = a_n(t)[x(s_{n-1}, t) - x(s_n, t)] + w;$$

$$x(s_i, t_*) = x_0(s_i), i = \overline{1, n};$$

где  $w$  — совокупность членов, отражающих неточности математического моделирования, неточность реализации оптимальной обратной связи и возмущение, действующее на физический объект в процессе управления. Для краткости, будем в дальнейшем  $w$  называть возмущением.

Рассмотрим конкретный процесс управления с  $w^*(s_i, t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $t \in T$ . Они порождают траекторию  $x^*(t, \cdot) = (x^*(s_i, t), i = \overline{1, n})$ ,  $t \in T$ .

Функцию  $u^*(t) \equiv u^0(t, x^*(t, \cdot)) = u^0(\theta, x^*(\theta, \cdot))$ ,  $t \in [\theta, \theta + h_t]$ ,  $\theta \in T_h$  назовем *реализацией оптимальной обратной связи* в конкретном процессе управления.

Приведем описание современного метода оптимального управления — *метода оптимального управления в реальном времени* [5], в котором оптимальная обратная связь не находится, а текущие значения  $u^*(\theta)$ ,  $\theta \in T_h$ , ее реализации вычисляются в процессе управления за время, не превосходящее  $h_t$ , т.е. в режиме реального времени.

Устройство, которое способно вычислять значения  $u^*(\theta)$ ,  $\theta \in T_h$ , в режиме реального времени называется *оптимальным регулятором*. Алгоритм его работы следующий.

Перед началом процесса управления по априорной информации регулятор находит решение задачи (2)–(4) для начальной позиции  $(t_*, x_0(\cdot))$ , на промежутке  $[t_*, t_* + h_t]$

подаёт на вход реального (физического) объекта управляющее воздействие  $u^*(t_*) = u^0(t_* | t_*, x_0(\cdot))$ ,  $t \in [t_*, t_* + h_t]$ .

Пусть оптимальный регулятор проработал на промежутке  $[t_*, \theta[$  и подсчитал значения  $u^*(t_*)$ ,  $u^*(t_* + h_t)$ ,  $\dots$ ,  $u^*(\theta - t_h)$ . Тогда под действием полученного управляющего воздействия  $u^*(t) \equiv u^*(\theta - t_h) = u^0(\theta - t_h | \theta - t_h, x^*(\theta - t_h, \cdot))$ ,  $t \in [\theta - t_h, \theta[$ , и возмущения  $w^*(s_i, t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $t \in [t_*, \theta]$ , реальный объект переходит в состояние  $x^*(\theta, \cdot)$ , которое становится доступным оптимальному регулятору. Для текущей позиции  $(\theta, x^*(\theta, \cdot))$  он строит двойственным методом [3] оптимальную опору, используя в качестве начальной оптимальную опору для предыдущей позиции  $(\theta - h_t, x^*(\theta, \cdot))$ . На промежутке  $[\theta, \theta + h_t[$  на вход физического объекта подается управляющее воздействие  $u^*(t) \equiv u^*(\theta) = u^0(\theta | \theta, x^*(\theta, \cdot))$ ,  $t \in [\theta, \theta + h_t[$ .

В двойственном методе [3], который применяется при оптимальном управлении в реальном времени, вместо первого столбца фундаментальной матрицы будем использовать его квазидекомпозицию [4].

**Резюме.** В данной работе рассматривается задача оптимального управления тепловым процессом в стержне. Дифференциальное уравнение параболического типа, описывающее процесс, аппроксимируется большой системой ОДУ. Эта задача решается методом квазидекомпозиции, описывается алгоритм работы оптимального регулятора, формирующего в режиме реального времени значения реализации оптимальной обратной связи.

**Abstract.** The problem of optimum control by thermal process in a core is considered in the article. The differential equation of parabolic type describing the process is approximated by a big system of ODE. This problem is solved by a quasidecomposition method; the optimum regulator work algorithm forming in a real-time mode of the value of optimum feedback realization is described.

## Литература

1. Беллман, Р. Динамическое программирование / Р. Беллман. — М.: Изд-во иностр. лит., 1960. — 263 с.
2. Бутковский, А.Г. Методы управления системами с распределенными параметрами / А.Г. Бутковский. — М.: Наука, 1975. — 568 с.
3. Габасов, Р. Конструктивные методы оптимизации: В 5 ч. / Р. Габасов, Ф.М. Кириллова, А.И. Тятюшкин. — Минск: Университетское, 1984–1998. — Ч. 1: Линейные задачи. — 1984. — 213 с.
4. Габасов, Р. Оптимальное управление тепловым процессом / Р. Габасов, Ф.М. Кириллова, Д.С. Кузьменков // Докл. НАН Беларуси. — 2009. — Т. 53, № 1. — С. 5–9.
5. Габасов, Р. Принципы оптимального управления / Р. Габасов, Ф.М. Кириллова // Докл. НАН Беларуси. — 2004. — Т. 48, № 1. — С. 15–18.
6. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин [и др.]. — М.: Наука, 1976. — 392 с.
7. Фельдбаум, А.А. Оптимальные процессы в системах автоматического регулирования / А.А. Фельдбаум // Автомат. и телемех. — 1953. — Т. 144, № 5. — С. 712–726.
8. Hopkin, A.N. A Phase Plane Approach to the Design of Saturating Servomechanisms / A.N. Hopkin // Trans. AIEE. — 1950. — Pt. I, Vol.70. — P.631–639.

УДК 629.113:539.621

## О расчете напряженного состояния массивных шин на примере модели цилиндра из армированного материала с учетом элементов вязкоупругости

В. В. МОЖАРОВСКИЙ

### Введение

Настоящая статья продолжает перечень начатых работ в области фундаментальных и прикладных исследований в направлении создания новых армированных материалов на основе современных полимеров и резин, работающих в сложных эксплуатационных условиях, в основном, касаясь применительно к движению автомобильных шин [1-12].

В данном случае представлена методика дальнейшего расчета контактного взаимодействия армированных материалов с учетом явления вязкоупругости, например, для резины, армированной кордом.

Актуальность исследуемой проблемы в научном и техническом мире очевидна. Ежегодно десятки статей и книг, а также диссертаций посвящены вопросам по этой проблеме. Так, например, в декабре 2007 г. в МГУ в г. Москве была успешно защищена диссертация Демидовичем П. Н. «Моделирование резинокорда с применением к задаче качения шины», в которой решаются задачи сравнительного анализа различных моделей резинокорда, применяемых в инженерной практике. В работе были рассмотрены две модели резинокорда: модель эффективного волокна, применяемая для определения «плоских» модулей резинокорда, и модель эффективного слоя, которая используется при моделировании качения шины. Однако такие явления, как вязкоупругость матрицы (резины), которая вызывает гистерезисные потери в работе, не учтены. Если корд обладает явно выраженными упругими свойствами, то для резины необходимо учитывать влияния фактора времени на изменения механических характеристик материала.

На данном этапе необходимо строгое описание эффективных свойств резинокорда на основе методики осреднения; построение экспериментально-расчетной методики определения упругих модулей резинокордных пластин и реализация контактной задачи.

В книге [1] предложен подход расчета контактного взаимодействия вязкоупругих слоистых цилиндрических изотропных тел, дано экспериментальное подтверждение правильности разработанной методики. В работе предлагается применить методику расчета взаимодействия для ортотропных цилиндрических тел, определить изменение параметров контакта.

### Постановка задачи контакта цилиндрического индентора с ортотропным покрытием с учетом вязкоупругости

Исследование явлений вязкоупругости для ортотропного цилиндра необходимо для математического моделирования технической задачи контактного взаимодействия шины колеса с дорожным покрытием. В дальнейшем для создания разработок в области технических расчетов используем фундаментальные подходы и теоретические методики, представленные в предыдущих статьях и в других научных изданиях.

Известно, что вязкоупругие свойства покрытий из композиционных материалов проявляются в основном за счет входящих в композит полимерных компонентов (полимерной матрицы, волокон). В значительной степени на ползучесть влияет напряженное состояние, направление действия нагрузки. Так, если в основном направление действия нагрузки не совпа-

дает с направлением волокон, то проявляются вязкоупругие свойства полимерной матрицы. Если же направление действия нагрузки совпадает с направлением волокон армирования, то ползучесть весьма незначительна, которой в инженерных расчетах можно пренебречь.

Считаем, что композиционное покрытие описывается уравнениями теории упругости для ортотропного тела.

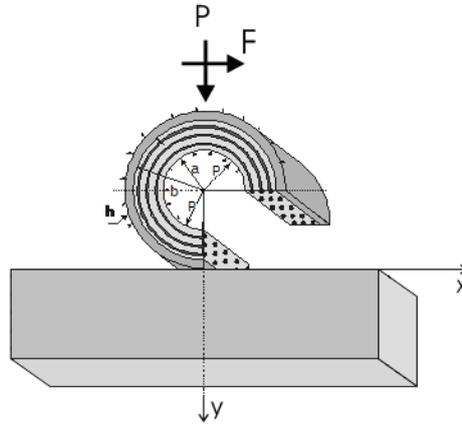


Рисунок 1 – Схема контакта

Армированный (композиционный) материал (рисунок 1) моделируем через так называемые эффективные модули упругости, используя оценки типа Ройса и Фойхта:

$$E_H = V_f E_f + (1 - V_f) E_M,$$

$$\frac{1}{E_{22}} = \frac{V_f}{E_f} + \frac{1 - V_f}{E_M},$$

$$\frac{1}{G_{12}} = \frac{V_f}{G_f} + \frac{1 - V_f}{G_{12M}},$$

$$\nu_{12} = V_f \nu_f + (1 - V_f) \nu_M$$

или используя модель [3]

$$E_L = E_f V_f + E_M V_M,$$

$$\frac{1}{E_T} = \frac{V_f}{E_f} + \frac{V_M}{E_M} - V_f V_M \left( \frac{\nu_M}{E_M} - \frac{\nu_f}{E_f} \right)^2 \left/ \left( \frac{V_f}{E_M} + \frac{V_M}{E_f} \right) \right.,$$

$$\nu_L = \nu_f V_f + \nu_M V_M, \quad \nu_T = \nu_L E_T / E_L, \quad 1/G_{LT} = V_f / G_f + V_M / G_M,$$

$V_f$  – объемная доля волокна в матрице композита; индексы  $L, T$  указывают продольное и поперечное направление волокна, а индексы  $f$  и  $M$  указывают объемное содержание волокна и матрицы в композите, соответственно  $E, G, \nu$  – модули упругости и коэффициенты Пуассона в разных направлениях.

Эти оценки вполне согласуются с экспериментальными результатами для волокнистых композитов. Имеются и другие описания упругих свойств армированных шин колеса: уравнения Halpin-Tsai

$$E_L = E_f V_f + E_M (1 - V_f); \quad G_{LT} = \frac{G_M [G_f + G_M + (G_f - G_M) V_f]}{G_f + G_M - (G_f - G_M) V_f};$$

$$E_T = \frac{E_M (1 + 2V_f)}{1 - V_f}; \quad \nu_{LT} = \nu_f V_f + \nu_M (1 - V_f)$$

и формулы Gough-Tangorra

$$E_L = E_f V_f + E_M (1 - V_f); \quad G_{LT} = G_M (1 - V_f);$$

$$E_T = \frac{4E_M(1-V_f)[E_f V_f + E_M(1-V_f)]}{3E_f V_f + 4E_M(1-V_f)}; \quad \nu_{LT} = 0,5.$$

Индексы  $f$  и  $M$  обозначают корд (волокно) и резину (матрицу) соответственно. Модули задаются в системе координат, когда одна из осей направлена вдоль корда.

Упругие постоянные двухслойного перекрестно-армированного резинордного композита можно определить с помощью теории [3]:

$$E_x = [E_L E_T (\sin^4 \theta - \sin^2 \theta \cos^2 \theta + \cos^4 \theta) + (3/4)E_T^2] / (E_L \sin^4 \theta + E_T),$$

$$E_y = [E_L E_T (\sin^4 \theta - \sin^2 \theta \cos^2 \theta + \cos^4 \theta) + (3/4)E_T^2] / (E_L \cos^4 \theta + E_T),$$

$$\nu_x = \frac{E_L \sin^2 \theta \cos^2 \theta + (1/2)E_T}{E_L \sin^4 \theta + E_T},$$

$$\nu_y = \frac{E_L \sin^2 \theta \cos^2 \theta + (1/2)E_T}{E_L \cos^4 \theta + E_T},$$

$$G_{xy} = E_L \sin^2 \theta \cos^2 \theta + (1/4)E_T \cos^2 2\theta.$$

Здесь  $\theta$  – угол расположения волокна корда.

Считаем, что упругие свойства армирующих волокон со временем изменяются незначительно; примем параметры  $E_f$ ,  $V_f$ ,  $G_f$ , как и в упругом случае постоянными, в то же время считаем, что полимерная матрица обладает вязкоупругими свойствами, которые можно, согласно принципу Вольтерра, описать с помощью интегральных операторов [1]. Ядра  $R(t, \tau)$  и  $K(t, \tau)$  зависят от разности аргументов  $(t - \tau)$ . Таким образом, для определения изменения напряженного состояния волокнистого покрытия со временем решаем задачу как упругую, а затем в окончательном решении заменяем упругие постоянные на операторы.

Алгебра интегральных операторов при решении задач теории вязкоупругости с использованием различных разностных ядер описана в [1]. Тогда напряженно-деформированное состояние ортотропной шины определяем из обобщенного закона Гука, например, для связи тензора напряжений с тензором деформаций в вязкоупругом случае. В частности, деформация  $\varepsilon$  и напряжение  $\sigma$  связаны следующей зависимостью:

$$\varepsilon = \frac{1}{E}(1 + \tilde{K})\sigma;$$

$$\sigma = E(1 - \tilde{R})\varepsilon,$$

где

$$\tilde{K}\sigma = E(t) \int_{t_0}^t K(t, \eta) \sigma(\eta) d\eta;$$

$$\tilde{R}\varepsilon = \frac{1}{E(t)} \int_{t_0}^t R(t, \eta) d\eta.$$

В то же время используется равенство:

$$\frac{1}{E}(1 + \tilde{K}) = [E(1 - \tilde{R})]^{-1},$$

то есть операторы ползучести и релаксации являются взаимно обратными. В нашем случае интегральными операторами будут  $\tilde{G}$ ,  $\frac{1}{\tilde{G}}$ ,  $\tilde{\beta}$ , например:

$$\tilde{G}(\cdot) = G_0 \left[ 1 + \int_0^t K(t, \tau)(\cdot) d\tau \right].$$

### К расчету параметров контакта и напряжений в цилиндрическом ортотропном теле с учетом вязкоупругости

Так как область контакта малая, по сравнению с размерами шины колеса, то для приближенного инженерного решения допускается применение подхода о расчете давления, как на ортотропную полуплоскость (или на армированный слой).

Рассмотрим расчет напряжений в произвольной точке в ортотропном теле (в шине колеса) при действии на границе  $y=0$  сосредоточенных усилий  $p(s)ds$  в области контакта  $[-a, a]$ , которые определяются из [1], заменяя упругие постоянные, связанные с матрицей на операторы:

$$\sigma_x = \frac{y}{\pi(\tilde{\beta}_1 - \tilde{\beta}_2)} \int_{x_1}^{x_2} \left( \frac{1}{\tilde{\beta}_1^2 (x-s)^2 + y^2} - \frac{1}{\tilde{\beta}_2^2 (x-s)^2 + y^2} \right) p(s) ds;$$

$$\sigma_y = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\pi} \cdot \frac{-y}{(\beta_1 - \beta_2)} \left[ \frac{1}{(x-s)^2 + \frac{y^2}{\beta_1^2}} - \frac{1}{(x-s)^2 + \frac{y^2}{\beta_2^2}} \right] \cdot p(s) ds;$$

$$\tau_{xy} = -\frac{1}{\pi(\tilde{\beta}_1 - \tilde{\beta}_2)} \int_{x_1}^{x_2} (x-s) \left( \frac{1}{(x-s)^2 + \frac{y^2}{\tilde{\beta}_1^2}} - \frac{1}{(x-s)^2 + \frac{y^2}{\tilde{\beta}_2^2}} \right) p(s) ds;$$

$[x_1, x_2]$  – область изменения давления:  $x_1 \leq s \leq x_2$ ;  $s$  – координата вдоль оси  $x$  относительно начала координат. Давление  $p(s)$  считаем заданным и, в общем случае, зависящем как от координат, так и от времени. В случае постоянного давления решение представлено в работе [1]. Результаты расчета для массивной шины будут аналогичными представленными в [1] для изотропной полосы или экспериментальными

$$\tilde{S}_{11} = \frac{1 - \nu_{13}\nu_{31}}{\tilde{E}_1}, \quad \tilde{S}_{12} = -\frac{\nu_{12} + \nu_{13}\nu_{31}}{\tilde{E}_1}, \quad \tilde{S}_{22} = \frac{1 - \nu_{32}\nu_{23}}{\tilde{E}_2}, \quad \tilde{S}_{66} = \frac{1}{\tilde{G}_{12}},$$

где  $\nu_{j3} = \nu_{3j} = 0, j = 1, 2$ ;

$$\tilde{E}_1 = \tilde{E}_x = \nu E_f + (1 - \nu)\tilde{E}_M;$$

$$\tilde{E}_2 = \tilde{E}_y = \frac{E_f \tilde{E}_M}{\nu \tilde{E}_M + (1 - \nu)E_f};$$

$$\tilde{G}_{12} = \tilde{G}_M \frac{G_f(1 + \nu) + \tilde{G}_M(1 - \nu)}{G_f(1 - \nu) + \tilde{G}_M(1 + \nu)};$$

$$\nu_{12} = \nu_f \nu_f + (1 - \nu_f)\nu_M.$$

$\tilde{E}_M, \tilde{G}_M$  – временные интегральные операторы, применяемые для модулей матрицы. Для решения поставленной задачи необходимо применить известные свойства действия на функцию из алгебры операторов.

Величину зоны контакта  $2a$  определим по условию равновесия, например, из работы [1], затем, заменяя модули упругости на интегральные операторы, имеем:

$$a = \sqrt{\frac{2R}{\pi} \frac{1}{\tilde{m}} \cdot (P)},$$

где оператор имеет вид

$$\tilde{m} = \frac{1}{\left[ (\tilde{\beta}_1 + \tilde{\beta}_2) \tilde{S}_{12} \right]^{(1)} + \left[ (\beta_1 + \beta_2) S_{22} \right]^{(2)}},$$

$R$  – радиус контактирующего цилиндра,  $P$  – рас-  
пределенная действующая сила. Упругие постоянные  $\beta_i, S_{ij}, (i=1,2)$  определяются из [1].  
Напряженно-деформированное состояние определяется путем расчета вышеприведенных  
интегралов при заданных упругих и временных факторах.

При определении параметров контакта (давления, размеры области контакта) исполь-  
зуются характеристики материалов – объемное содержание волокна в матрице, модули упру-  
гости, коэффициенты Пуассона, аналогично описанные в статье [12]. Качественная картина  
напряжений будет аналогична результатам представленным в работах [1, 13] (Рисунок 2).

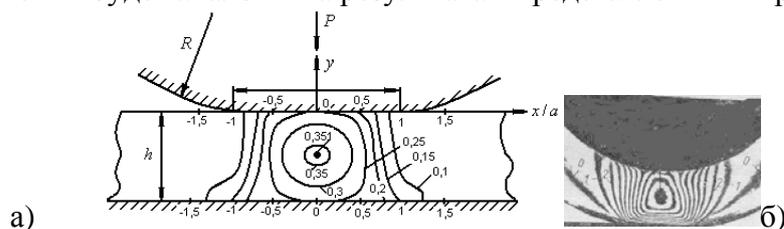


Рисунок 2 – Эпюры изохром: единица напряжений –  $P_0$ : а) – расчет[1].; б) – экспери-  
мент [13].

Для исследования контакта шины с дорогой принципиальное значение имеет описание  
геометрии пятна контакта и силы взаимодействия шины с дорогой. В последнем случае мо-  
дель должна быть трехмерной. Для наглядности на рисунке 3 показаны схематические рас-  
четные и экспериментальные результаты. Более подробно описание методики проведения  
эксперимента и расчета можно найти в работах [1, 6, 8, 12].

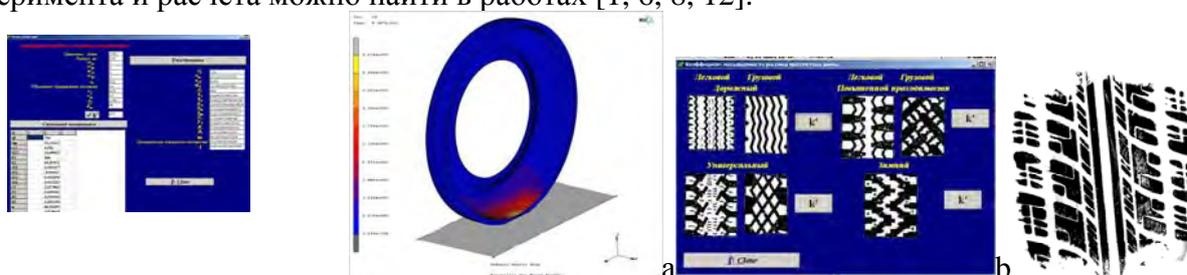


Рисунок 3 – Пример расчета контакта шины: а) – расчет; б) – эксперимент [12].

Использование данной модели позволило получить распределение напряжений и де-  
формаций в колесе, как в области контакта, так и по всему объему шины.

Полученные результаты будут представлены в дальнейших статьях и могут быть в ис-  
пользованы для расчета момента сопротивления качению шины

**Заключение.** В результате проведенных исследований представлена методика и под-  
ход к расчету контактного взаимодействия цилиндрических тел применительно к статиче-  
скому контакту массивных шин из композиционных материалов с учетом анизотропии, сло-  
истости и вязкоупругости.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке в рамках научных  
проектов совместного конкурса БРФФИ-ГФФИУ проект T09K-087.

**Резюме.** В статье представлена методика расчета контактного взаимодействия армирован-  
ных материалов (резины) с учетом явления вязкоупругости.

## Литература

- 1 Можаровский, В.В. Прикладная механика слоистых тел из композитов / В.В. Можаровский, В.Е. Старжинский. – Мн.: Наука и техника, 1988.
- 2 Мур, Д. Трение и смазка эластомеров / Д. Мур. – М.: «Химия», 1977.
- 3 Тканые конструкционные композиты / под ред. Т.В. Чу и Ф. Ко. – М.: Мир, 1991.
- 4 Определение сопротивления качению автомобильных шин в зависимости от условий эксплуатации. Ч.1. Методика многофакторного эксперимента / В.В. Можаровский [и др.] // Трение и износ. – 2007. – №2.
- 5 Можаровский, В.В. Математическое моделирование разрушения композитов при ударном нагружении / В.В. Можаровский, Ю.М. Плещачевский, Ю.Ф. Руба // Материалы, технологии, инструменты. – 1998. – №1. – С. 83-89.
- 6 Pleskachevsky, Yu.M. Mathematical models of quasi-static interaction between fibrous composite bodies / Yu.M. Pleskachevsky, V.V. Mozharovsky, Yu.F. Rouba // Proc. Int. Conf. Computational methods in contact mechanics III, Madrid, July 3-5, 1997. – Madrid, 1997.- P. 363-372.
- 7 Можаровский, В.В. Решение краевой задачи для неоднородной полосы под действием нормальных и касательных сил / В.В. Можаровский, Е.М. Березовская // Сборник "Математические проблемы механики неоднородных структур" / Институт прикладных проблем мех. и матем. им. Я.С. Подстригача.– Львов, 2000. – Т.1.– С. 291-293.
- 8 Можаровский, В.В. Исследование напряженного состояния волокнистого композиционного материала с однородным покрытием при контакте с цилиндрическим индентором / В.В. Можаровский, Н.А. Рогачева // Материалы, технологии, инструменты. – 2000. – Т.5, № 2. – С. 5-10.
- 9 Можаровский, В.В. Контактное взаимодействие жесткого индентора с неоднородной ортотропной полосой / В.В. Можаровский, Е.М. Березовская, С.Ю. Бабич // Веснік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага інстытута ім. Н. К. Крупскай. – 2001.- №5.- С. 3-8.
- 10 Напряженно-деформированное состояние композиционных покрытий в трибологических системах / В.В. Можаровский [и др.] // Трение и износ. – 2001. – Т.22, №4. – С. 379-385.
- 11 Можаровский, В.В. Определение напряженно-деформированного состояния слоистых неоднородных тел / В.В. Можаровский, Е.М. Березовская // Научно-технический сборник "Теоретическая и прикладная механика" / Донецкий национальный университет – Харьков, 2001. – Вып. 34. – С. 3-9.
- 12 Можаровский, В.В. Анализ контактного взаимодействия автомобильной шины с колесным диском и дорожным покрытием / С.В. Шилько [и др.] // Доклады Белорусского конгресса по механике: – Мн., 2007. – С. 135-142.
- 13 Изучение напряжений в массивных шинах. И.А. Морина, Б.Н.Ушаков и др. // Изв. ВУЗов. Машиностроение 1977, №8.-С.101-105.

## Реализация обмена данных между имитационной моделью и корпоративной информационной системой

В. Д. Левчук, Е. А. Левчук

### Введение

Активное использование различных программных средств в управлении современными производственными процессами ставит задачу интеграции разработанной имитационной модели в информационную систему заказчика. Данная задача усложняется тем, что существующие информационные системы отличаются большим разнообразием возможностей по способам взаимодействия с ними.

При разработке имитационных моделей с использованием системы моделирования MICIS 4 [1] имеется большая возможность по оснащению моделей модулями экспорта/импорта данных. Это объясняется базированием системы моделирования MICIS 4 на универсальном языке программирования C++. Использование полных возможностей C++ позволяет реализовывать практически любые схемы взаимодействия имитационной модели с информационной системой заказчика.

Одним из возможных путей реализации имитационной модели для упрощения её интеграции в систему заказчика является построение программы модели в виде программного модуля, который позволяет использовать различные контейнеры для ее выполнения соответственно с требованиями [2]. В качестве контейнеров для имитационной модели могут выступать консольное приложение, web-приложение, приложение с графическим интерфейсом пользователя, АСУ заказчика и другие варианты.

Обмен данными между контейнером и имитационной моделью обеспечивается оснащением разрабатываемых имитационных моделей специальными средствами по организации экспорта результатов и импорта входных данных с использованием популярных форматов представления данных, поддержка которых присутствует в большинстве современных информационных систем. Ниже рассмотрены детали реализации обмена данными на основе форматов, распространенных в web-среде.

### Характеристика схемы взаимодействия классов, обеспечивающих обмен данными

Многообразие доступных контейнеров позволяет обеспечить удобство работы заказчика с имитационной моделью в большинстве возможных случаев. При использовании текстовых файлов для задания информации для имитационной модели может возникать сложность с редактированием таких файлов пользователем, если структура данных является слишком сложной. В этом случае целесообразным становится разработка отдельных автономных программ-редакторов параметров. Примером такой разработки является редактор параметров имитационной модели маршрутной транспортной сети, реализованный в среде табличного процессора Microsoft Excel с использованием встроенного языка программирования Visual Basic. Входные данные программы этой имитационной модели хранятся в текстовых файлах, для их редактирования может быть использован как произвольный текстовый редактор, так и разработанный редактор параметров. Подпрограммы на языке Visual Basic автоматически считывают и преобразуют входные данные при его запуске, а также предлагают их сохранение при закрытии редактора.

Также программа имитационной модели может быть оснащена модулем экспорта результатов в популярный формат HTML, данные в котором могут быть размещены на WEB-

узле и быть просмотрены с помощью любого браузера, например Windows Internet Explorer (рисунок 1).

При реализации обеспечения импорта данных в программу имитационной модели представляется целесообразным использование данных в широко распространенных форматах XML, HTML и XLS. Классы, обеспечивающие работу программы ИМ с файлами форматов XML, HTML и XLS взаимодействуют по следующей схеме (рисунок 2).

	0:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
автоматика1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
автоматика2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
аппаратура1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,33	4,01	4,00	3,93	3,93	3,50	3,29	4,12	3,93	4,38	16,64	43,59	35,33	3,67	3,26	3,41	3,41
аппаратура2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
эк1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,20	5,28	4,25	4,21	4,26	4,51	6,25	4,16	3,74	4,08	3,35	0,00	106,46	2,00	3,54	5,51	5,51
эк2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,01	2,14	4,62	3,80	3,29	2,09	2,08	10,66	2,95	2,64	2,01	60,21	119,51	157,02	20,86	4,41	4,41
визии1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,13	3,74	6,06	6,47	6,94	4,77	5,16	5,14	5,68	4,25	0,00	81,50	107,96	88,84	5,94	3,51	3,51
визии2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,02	1,80	4,36	4,81	4,61	2,55	2,31	7,04	4,14	2,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
енко1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,25	5,14	4,85	5,09	4,94	4,57	8,16	7,09	5,83	2,40	30,81	70,68	107,42	135,22	8,07	3,91	3,91
енко2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,88	1,98	3,61	2,23	1,95	1,79	1,26	8,90	2,76	2,91	2,75	0,00	104,16	144,89	134,95	3,41	3,41
техника1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,54	4,81	6,35	5,16	6,76	4,59	4,65	9,16	5,27	3,07	18,34	79,99	123,21	157,32	7,52	4,61	4,61
та1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,42	2,60	2,43	2,26	2,23	2,26	1,67	3,86	3,20	3,68	27,87	64,55	107,27	2,57	3,71	4,81	4,81
та2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
техника2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,96	6,44	5,60	6,00	6,47	7,10	11,12	7,47	4,61	29,06	49,11	111,54	143,73	130,95	4,61	4,61	4,61

Рисунок 1 – Отклики модели формате HTML

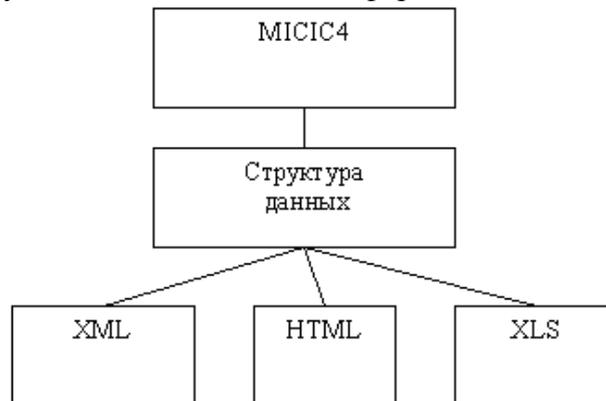


Рисунок 2 – Схема взаимодействия классов

Уровень структуры данных обслуживает интерфейс взаимосвязи MICIC4 с различными форматами входных и выходных данных. Этот уровень организуется посредством абстрагированных от MICIC4 классов для работы с документами форматов XML, XLS. Взаимосвязь между уровнем MICIC4 и уровнем структуры данных реализует класс PlanOfExperiment, который наследуется от базового класса системы MICIC4 Experiment. Базовыми классами для уровня структуры данных являются:

- PlanOfExperiment – «План Эксперимента», этот класс является наследником базового класса «Эксперимент» (Experiment) MICIC4;
- PrmRetriever используется для получения параметров, он включает методы, которые переопределены для XML и XLS формата в классах XMLRetriever и XLSRetriever соответственно;
- «Парсер» (Parser) совершает посимвольный разбор содержимого файла;
- «XLS Парсер» (XLSParser) создает дерево параметров;
- «Дерево» (Tree) представляет некоторую древовидную структуру (например, XML документ);

- «Генератор Древа» (TreeMaker) создает дерево, определяющее структуру xml документа;
  - «Узел» (Nod) представляет собой единицу (узел) древовидной структуры, реализованной классом Tree;
  - «Атрибуты» (Attributes) определяет множество пар «ключ» - «значение».
- Таким образом, работа с данными отделена от реализации самой модели. Причем работа с параметрами не зависит от типа файла, с которым работает пользователь. Для чтения и сохранения данных в Excel используется COM технология (Component Object Model) [3].

### Описание структуры взаимодействующих классов

Для обеспечения гибкости при разработке схемы взаимодействия классов были выделены три основных независимых слоя функционирования. Под независимостью понимается тот факт, что при использовании одного из слоев не обязательно знать, как устроены и функционируют нижние слои. Самый верхний слой имеет узкий интерфейс, который с одной стороны легок для использования и не требует много времени для изучения, а с другой стороны обеспечивает достаточный набор средств для реального применения.

Классы верхнего слоя предназначены для использования в системе моделирования MICIC4. Классы среднего уровня предоставляют интерфейс для работы с данными из файлов в формате XML и XLS и формирование документов в указанных форматах. Нижний уровень представлен следующими классами:

- классы, позволяющие создавать необходимые структуры данных (ассоциативные массивы для хранения атрибутов тегов, деревья для представления XML документов);
  - классы, обеспечивающие обмен данными с XLS файлами;
  - классы, производящие разбор XML и XLS документов;
  - классы для формирования отчетов (таблиц) в формате HTML и XLS.
- Функциональное назначение уровней приведено на рисунке 3.

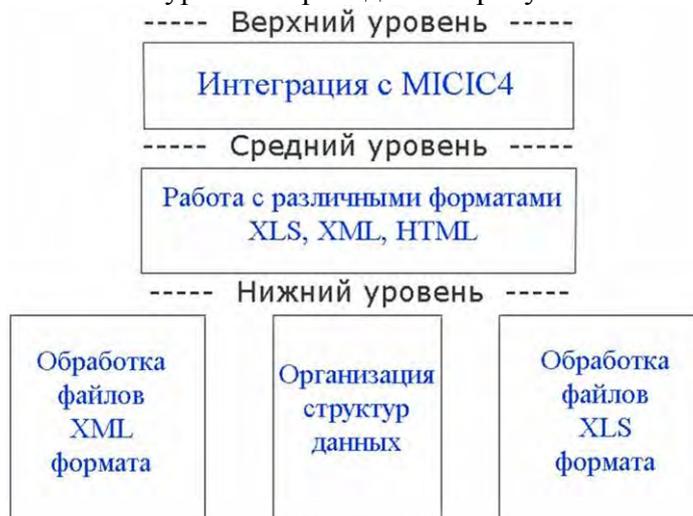


Рисунок 3 – Функциональное назначение уровней

Верхний уровень представлен всего одним классом PlanOfExperiment. Предлагается следующая модель использования данного класса:

- описывается наследник от класса PlanOfExperiment;
- в наследнике переопределяется виртуальный метод execute, именно в данном методе будут производиться все необходимые действия, и формироваться отчет;
- при работе с экземпляром нового класса необходимо проинициализировать обработчик отчета.

Средний уровень представлен более разнообразным числом классов, по сравнению с верхним уровнем. Сюда входят семь классов для высокоуровневой работы с получением

данных из фалов разных форматов и сохранения полученных результатов.

Из рисунка 3 видно, что нижний уровень состоит из трех наборов классов:

- классы для представления структур данных;
- классы для работы с XML документами;
- классы для работы с табличным процессором Excel.

Классы для представления структур данных описывают структуру документов в виде дерева. Это позволяет единым образом организовать работу как с XML–документами, так и таблицами Excel. Взаимодействие обеспечивается посредством методов, реализующих следующую функциональность:

- вызов функции указанного объекта по ее имени;
- получение свойства объекта по его имени;
- установка свойства объекта по его имени.

### Заключение

Использование текстовых файлов и модулей экспорта/импорта данных в широко используемые форматы позволяет значительно упростить решение задачи интеграции программ имитационных моделей в существующую программно-информационную систему заказчика. Реализация импорта данных из форматов HTML, XML и XLS позволяет организовать передачу данных их различных программных продуктов в программу имитационной модели. Использование контейнеров позволяет внедрить программу имитационной модели в качестве подсистемы в существующую систему заказчика. Все эти решения позволяют значительно повысить эффективность работы с имитационной моделью для заказчика, и таким образом, упростить решение задач исследования и поиска путей повышения эффективности производственного предприятия.

**Резюме.** В статье рассмотрены вопросы организации обмена данных между имитационной моделью и корпоративной информационной системой. На основе разработанных для системы моделирования MICIC4 контейнеров ввода/вывода и модулей преобразования формата результатов продемонстрировано, как можно упростить работу пользователя с моделью, сделать её более <дружественной>, а также ускорить подготовку имитационных экспериментов и предварительную обработку результатов моделирования.

**Abstract.** Organization problems of data exchange between imitating model and corporate information system are considered in the article. On the basis of developed for MICIC4 input/output container modeling system and modules of format result transformation it is shown how it is possible to simplify a user's work with the model, to make it more <friendly>, and also to accelerate imitating experiment preparation and preliminary processing of modeling results.

### Литература

1 Левчук, В.Д. Программно-технологические комплексы имитации сложных дискретных систем / В.Д. Левчук, И.В. Максимей; М-во образ. РБ, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2006. – 263 с.

2 Левчук, В.Д. Влияние современных информационных технологий на развитие средств автоматизации имитационного моделирования сложных дискретных систем // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2009, №4(55), Ч2. С.16–25.

3 Оберг, Р.Д. Технология СОМ+. Основы и программирование. Перевод с англ.: Уч. пос. / Р.Д. Оберг – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 480 с.

УДК 512.542

## О пересечениях максимальных подгрупп в конечных разрешимых группах

Л. М. БЕЛОКОНЬ

Рассматриваются только конечные группы и формации конечных групп. Используются определения и обозначения, принятые в [1].

Пусть  $G$  – неединичная разрешимая группа, и пусть  $\mathfrak{F}$  – радикальная формация, содержащая формацию всех нильпотентных групп  $\mathfrak{N}$ . Тогда, ввиду  $F(G) \subseteq G_{\mathfrak{F}}$ , очевидно,  $\Delta_{G_{\mathfrak{F}}}(G) \subseteq \Delta_{F(G)}(G)$ , где  $\Delta_{G_{\mathfrak{F}}}(G)$  – пересечение всех максимальных подгрупп группы  $G$ , не содержащих её  $\mathfrak{F}$ -радикал  $G_{\mathfrak{F}}$ , а  $\Delta_{F(G)}(G)$  – пересечение всех максимальных подгрупп  $G$ , не содержащих её подгруппу Фиттинга  $F(G)$ . В работе [2] установлено, что подгруппа Фраттини  $\Phi(G)$  группы  $G$  совпадает с  $\Delta_{F(G)}(G)$ , откуда следует, что  $\Delta_{G_{\mathfrak{F}}}(G) = \Delta_{F(G)}(G)$ .

Следующая теорема есть формационное обобщение теоремы, доказанной для случая  $\mathfrak{F} = \mathfrak{N}$  в работе [3].

**Теорема.** *Для всякой радикальной локальной формации  $\mathfrak{F}$ , содержащей класс всех нильпотентных групп  $\mathfrak{N}$ , пересечение всех  $\mathfrak{F}$ -абнормальных максимальных подгрупп разрешимой не  $\mathfrak{F}$ -группы  $G$  совпадает с пересечением всех её  $\mathfrak{F}$ -абнормальных максимальных подгрупп, не содержащих её  $\mathfrak{F}$ -радикал  $G_{\mathfrak{F}}$ .*

**Доказательство.** Пусть  $G$  – разрешимая не  $\mathfrak{F}$ -группа,  $\mathfrak{F}$  – радикальная локальная формация, содержащая формацию всех нильпотентных групп  $\mathfrak{N}$ ,  $G_{\mathfrak{F}}$  –  $\mathfrak{F}$ -радикал группы  $G$ . Понятно, что  $G \neq 1$  и, следовательно, ввиду сделанного замечания относительно результата из [2],  $\hat{O}(G) = \Delta_{G_{\mathfrak{F}}}(G)$ . Если все максимальные подгруппы группы  $G$ , не содержащие  $G_{\mathfrak{F}}$ , являются  $\mathfrak{F}$ -нормальными в  $G$ , то  $\mathfrak{F}$ -коррадикал группы  $G$  содержится в  $\hat{O}(G)$ , что приводит к противоречию ввиду насыщенности формации  $\mathfrak{F}$ . Значит, в группе  $G$  существуют  $\mathfrak{F}$ -абнормальные максимальные подгруппы, не содержащие  $G_{\mathfrak{F}}$ ; обозначим через  $\Delta_{G_{\mathfrak{F}}}^{\mathfrak{F}}(G)$  пересечение всех таких подгрупп, и пусть  $\Delta^{\mathfrak{F}}(G)$  – пересечение всех  $\mathfrak{F}$ -абнормальных максимальных подгрупп  $G$ . Предположим, что  $\Delta^{\mathfrak{F}}(G) \subset \Delta_{G_{\mathfrak{F}}}^{\mathfrak{F}}(G)$ . Значит, существуют  $\mathfrak{F}$ -абнормальные максимальные подгруппы группы  $G$ , содержащие  $G_{\mathfrak{F}}$ , обозначим пересечение всех таких подгрупп через  $\Delta_{G_{\mathfrak{F}}}^{\mathfrak{F}}(G)$ . Подгруппы  $\Delta_{G_{\mathfrak{F}}}^{\mathfrak{F}}(G)$  и  $\Delta_{G_{\mathfrak{F}}}^{\mathfrak{F}}(G)$  характеристические в  $G$  и  $\Delta_{G_{\mathfrak{F}}}^{\mathfrak{F}}(G) \cap \Delta_{G_{\mathfrak{F}}}^{\mathfrak{F}}(G) = \Delta^{\mathfrak{F}}(G)$ . Обозначая  $H / \hat{O}(G) = (G / \hat{O}(G))_{\mathfrak{F}} \in \mathfrak{F}$ , согласно следствию 4.2.1 из [1] получаем  $H \in \mathfrak{F}$  и, значит,  $H \subseteq G_{\mathfrak{F}}$ . С другой стороны,  $G_{\mathfrak{F}} / \hat{O}(G) \in \mathfrak{F}$ , следовательно,  $G_{\mathfrak{F}} \subseteq H$ . Итак,  $(G / \hat{O}(G))_{\mathfrak{F}} = G_{\mathfrak{F}} / \hat{O}(G)$ . Легко видеть, что  $\Delta^{\mathfrak{F}}(G / \hat{O}(G)) = \Delta^{\mathfrak{F}}(G) / \hat{O}(G)$  и  $\Delta_{G_{\mathfrak{F}}}^{\mathfrak{F}}(G / \hat{O}(G)) = \Delta_{G_{\mathfrak{F}}}^{\mathfrak{F}}(G) / \hat{O}(G)$ . Поэтому, предполагая утверждение теоремы справедливым для групп, порядки которых меньше  $|G|$ , в случае  $\hat{O}(G) \neq 1$  получаем  $\Delta^{\mathfrak{F}}(G) = \Delta_{G_{\mathfrak{F}}}^{\mathfrak{F}}(G)$ . Значит, можно считать, что  $\Phi(G) = 1$ . По теореме 8.6 из [1] имеем  $\Delta^{\mathfrak{F}}(G) = Z_{\infty}^{\mathfrak{F}}(G)$ . По сделанно-

му предположению  $A = \Delta_{G_F}^F(G) / Z_\infty^F(G) \neq 1$ , и пусть  $K / Z_\infty^F(G)$  – минимальная нормальная подгруппа группы  $G / Z_\infty^F(G)$  из  $A$ . Так как  $G$  разрешима, то  $K / Z_\infty^F(G) \in \mathfrak{N} \subseteq \mathfrak{F}$ . По лемме 7.13 из [1] подгруппа  $Z_\infty^F(G)$   $f$ -гиперцентральна в  $G$ ,  $f$  – внутренний экран формации  $\mathfrak{F}$ . Значит,  $G/C_G(P/L) \in f(P/L)$  для любого  $G$ -главного фактора  $P/L$ ,  $P \subseteq Z_\infty^F(G)$ . Из  $S_n$ -заключений  $\mathfrak{F}$  следует  $K/C_K(P/L) \in f(P/L)$ . Ввиду возможности уплотнения  $G$ - $f$ -центрального ряда группы  $Z_\infty^F(G)$  до  $K$ -главного  $f$ -центрального ряда приходим к выводу:  $K \in \mathfrak{F}$ . Значит,  $K \subseteq G_{\mathfrak{F}} \subseteq \Delta_{G_F}^F(G)$  и потому  $K \subseteq \Delta^{\mathfrak{F}}(G) = Z_\infty^F(G)$ . Противоречие. Следовательно,  $\Delta^{\mathfrak{F}}(G) = \Delta_{G_F}^F(G)$ . Теорема доказана.

**Abstract.** In the note there is obtained a result on the intersection of maximal  $\mathfrak{F}$ -abnormal subgroups in a finite soluble not  $\mathfrak{F}$ -group towards a radical local formation  $\mathfrak{F}$ .

### Литература

1. Л.А. Шеметков, Формации конечных групп, Москва, Наука, 1978, 272 с.
2. В.С. Монахов, Замечания о максимальных подгруппах конечных групп, Доклады НАН Беларуси, 47, №4 (2003), 31–33.
3. В.С. Монахов, Замечание о пересечении ненормальных максимальных подгрупп конечных групп, Известия Гомельского государственного университета имени Ф.Скорины, №6 (27) (2004), 81.

Могилёвский государственный  
университет продовольствия

Поступило 24.04.10

УДК 512.542

## О приводимых $n$ -кратно $\omega$ -насыщенных формациях с разрешимым $l_n^\omega$ -дефектом 2

В. Г. САФОНОВ, И. Н. САФОНОВА

**Введение.** Все рассматриваемые группы предполагаются конечными. Используются определения и обозначения, принятые в [1–3].

Понятие  $\mathfrak{H}_l$ -дефекта насыщенной формации, введенное в совместной работе А.Н.Скибы и Е.А.Таргонского [4], оказалось довольно эффективным инструментом изучения структурного строения насыщенных формаций на основе свойств некоторой ее насыщенной подформации. Под  $\mathfrak{H}_l$ -дефектом насыщенной формации  $\mathfrak{F}$  понимают длину решетки  $\mathfrak{F}/l\mathfrak{F} \cap \mathfrak{H}$  насыщенных формаций, заключенных между формациями  $\mathfrak{F} \cap \mathfrak{H}$  и  $\mathfrak{F}$ .

Такой подход оказался не менее эффективным при изучении структурного строения формаций других типов:  $n$ -кратно и тотально насыщенных формаций [5–10], частично насыщенных формаций [11–21], функторно замкнутых  $n$ -кратно и тотально насыщенных формаций [2, 10]).

В данной статье, развивая наблюдения работы [14], мы получили описание приводимых  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных формаций с разрешимым  $l_n^\omega$ -дефектом 2. Результат анонсирован в [22].

**1 Определения и обозначения.** Пусть  $\omega$  — непустое множество простых чисел. Символом  $G_{\omega d}$  обозначается наибольшая нормальная в  $G$  подгруппа, у которой каждый композиционный фактор является  $\omega d$ -группой (если таких подгрупп в  $G$  нет, то полагают  $G_{\omega d} = 1$ ). Всякую функцию вида  $f : \omega \cup \{ \omega' \} \rightarrow \{ \text{формации} \}$  называют  $\omega$ -локальным спутником. Через  $LF_\omega(f)$  обозначают класс всех таких групп  $G$ , что  $G/G_{\omega d} \in f(\omega')$  и  $G/F_p(G) \in f(p)$  для любого  $p \in \omega \cap \pi(G)$ . Если формация  $\mathfrak{F}$  такова, что  $\mathfrak{F} = LF_\omega(f)$ , то говорят, что  $\mathfrak{F}$  является  $\omega$ -локальной формацией, а  $f$  —  $\omega$ -локальным спутником формации  $\mathfrak{F}$ . Формация  $\mathfrak{F}$  называется  $\omega$ -насыщенной, если ей принадлежит всякая группа  $G$  с  $G/L \in \mathfrak{F}$ , где  $L \subseteq O_\omega(G) \cap \Phi(G)$ . Как было показано в [3, 23] формация  $\mathfrak{F}$  является  $\omega$ -насыщенной тогда и только тогда, когда она  $\omega$ -локальна.

Пусть  $\mathfrak{X}$  — некоторый класс групп. Тогда через  $l_n^\omega \text{form} \mathfrak{X}$  обозначают  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенную формацию, порожденную классом групп  $\mathfrak{X}$ , т.е. пересечение всех  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных формаций, содержащих  $\mathfrak{X}$ . При этом, если  $\mathfrak{X} = \{G\}$ , то формацию  $l_n^\omega \text{form} G$  называют однопорожденной  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенной формацией. Заметим, что множество  $l_n^\omega$  всех  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных формаций относительно включения  $\subseteq$  образует полную модулярную решетку [24]. Понятно, что в этой решетке  $\bigvee_n^\omega (\mathfrak{F}_i | i \in I) = l_n^\omega \text{form} (\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i)$  и  $\bigcap_{i \in I} \mathfrak{F}_i$  являются, соответственно, точной верхней и точной нижней гранями для подмножества  $\{ \mathfrak{F}_i | i \in I \}$  из  $l_n^\omega$ .

Пусть  $\mathfrak{F}$  — некоторая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация,  $\mathfrak{H}$  — произвольный класс групп. Формацию  $\mathfrak{F}$  называют минимальной  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенной не  $\mathfrak{H}$ -формацией ( $\mathfrak{H}_n^\omega$ -критической формацией), если  $\mathfrak{F} \not\subseteq \mathfrak{H}$ , но все ее собственные  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенные подформации из  $\mathfrak{F}$  содержатся в классе групп  $\mathfrak{H}$ .

Если  $\mathfrak{H}$  —  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация, то  $\mathfrak{H}_n^\omega$ -дефектом  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенной формации  $\mathfrak{F}$  называют длину решетки  $\mathfrak{F}/_n^\omega \mathfrak{F} \cap \mathfrak{H}$   $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных

формаций, заключенных между  $\mathfrak{F} \cap \mathfrak{H}$  и  $\mathfrak{F}$ , и обозначают через  $|\mathfrak{F} : \mathfrak{F} \cap \mathfrak{H}|_n^\omega$ . Если  $\mathfrak{H} = \mathfrak{S}$ , то  $\mathfrak{S}_n^\omega$ -дефект  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенной формации называют ее разрешимым  $l_n^\omega$ -дефектом.

$n$ -Кратно  $\omega$ -насыщенную формацию  $\mathfrak{F}$  называют  $l_n^\omega$ -неприводимой, если  $\mathfrak{F} \neq l_n^\omega \text{form}(\cup_{i \in I} \mathfrak{X}_i) = \vee_n^\omega (\mathfrak{X}_i | i \in I)$ , где  $\{\mathfrak{X}_i | i \in I\}$  — набор всех собственных  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных подформаций из  $\mathfrak{F}$ . В противном случае формацию  $\mathfrak{F}$  называют  $l_n^\omega$ -приводимой.

**2 Вспомогательные результаты.** Для доказательства основного результата нам понадобятся некоторые известные факты теории формаций, которые мы сформулируем в виде следующих лемм.

**Лемма 1 [14].** Пусть  $\mathfrak{F}$  —  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация. Тогда и только тогда разрешимый  $l_n^\omega$ -дефект формации  $\mathfrak{F}$  равен 1, когда  $\mathfrak{F} = \mathfrak{M} \vee_n^\omega \mathfrak{H}$ , где  $\mathfrak{M}$  — разрешимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация,  $\mathfrak{H}$  — минимальная  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная неразрешимая формация, при этом:

- 1) всякая разрешимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная подформация из  $\mathfrak{F}$  входит в  $\mathfrak{M} \vee_n^\omega (\mathfrak{H} \cap \mathfrak{S})$ ;
- 2) всякая неразрешимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная подформация  $\mathfrak{F}_1$  из  $\mathfrak{F}$  имеет вид  $\mathfrak{H} \vee_n^\omega (\mathfrak{F}_1 \cap \mathfrak{S})$ .

Следующие две леммы являются частным случаем лемм 5.2.7 и 5.2.8 [2, с. 193–194] соответственно.

**Лемма 2.** Пусть  $\mathfrak{M}$ ,  $\mathfrak{F}$  и  $\mathfrak{H}$  —  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенные формации, причем  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{F}$ . Тогда если  $m$  и  $n$  —  $\mathfrak{H}_n^\omega$ -дефекты формаций  $\mathfrak{M}$  и  $\mathfrak{F}$  соответственно, то  $m \leq n$ .

**Лемма 3.** Пусть  $\mathfrak{F}$ ,  $\mathfrak{M}$ ,  $\mathfrak{X}$  и  $\mathfrak{H}$  —  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенные формации, причем  $\mathfrak{F} = \mathfrak{M} \vee_n^\omega \mathfrak{X}$ . Тогда если  $m$ ,  $r$  и  $t$  —  $\mathfrak{H}_n^\omega$ -дефекты формаций  $\mathfrak{M}$ ,  $\mathfrak{X}$  и  $\mathfrak{F}$  соответственно, то  $t \leq m + r$ .

### 3 Основной результат.

**Теорема 1.** Пусть  $\mathfrak{F}$  — приводимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация. Тогда и только тогда разрешимый  $l_n^\omega$ -дефект формации  $\mathfrak{F}$  равен 2, когда  $\mathfrak{F}$  удовлетворяет одному из следующих условий:

- 1)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{H}_2 \vee_n^\omega \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ , а  $\mathfrak{H}_1$  и  $\mathfrak{H}_2$  — различные минимальные  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенные неразрешимые формации;
- 2)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H} \vee_n^\omega \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ ,  $\mathfrak{H}$  — неприводимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация разрешимого  $l_n^\omega$ -дефекта 2,  $\mathfrak{M} \not\subseteq \mathfrak{H}$ .

*Доказательство. Необходимость.* Пусть  $\mathfrak{F}$  — неприводимая  $n$ -кратно  $\omega$ -несыщенная формация с разрешимым  $l_n^\omega$ -дефектом 2,  $\mathfrak{X}$  — такая максимальная  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная подформация  $\mathfrak{F}$ , что  $|\mathfrak{X} : \mathfrak{X} \cap \mathfrak{S}|_n^\omega = 1$ . Тогда по лемме 1 имеем  $\mathfrak{X} = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{H}_1$  — минимальная  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная неразрешимая формация,  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ . Допустим, что в  $\mathfrak{F}$  имеется еще одна минимальная  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная неразрешимая подформация  $\mathfrak{H}_2$ , отличная от  $\mathfrak{H}_1$ . Тогда в силу леммы 1 получим  $\mathfrak{H}_2 \not\subseteq \mathfrak{X}$ . Поэтому имеет место равенство

$$\mathfrak{F} = \mathfrak{X} \vee_n^\omega \mathfrak{H}_2 = (\mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M}) \vee_n^\omega \mathfrak{H}_2 = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{H}_2 \vee_n^\omega \mathfrak{M}.$$

Таким образом, формация  $\mathfrak{F}$  удовлетворяет условию 1) теоремы.

Пусть теперь в  $\mathfrak{F}$  нет отличных от  $\mathfrak{H}_1$  минимальных  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных неразрешимых формаций. Поскольку  $\mathfrak{F}$  — приводимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация, то в  $\mathfrak{F} \setminus \mathfrak{X}$  найдется такая группа  $G$ , что  $\mathfrak{R} = l_n^\omega \text{form} G \neq \mathfrak{F}$ . Понятно, что  $\mathfrak{F} = \mathfrak{X} \vee_n^\omega \mathfrak{R}$ . Ввиду леммы 2 имеет место неравенство  $|\mathfrak{R} : \mathfrak{R} \cap \mathfrak{S}|_n^\omega \leq 2$ . Поскольку  $\mathfrak{F} = \mathfrak{X} \vee_n^\omega \mathfrak{R}$  и  $|\mathfrak{X} : \mathfrak{X} \cap \mathfrak{S}|_n^\omega = 1$ , то  $|\mathfrak{R} : \mathfrak{R} \cap \mathfrak{S}|_n^\omega \neq 0$ . Допустим, что  $|\mathfrak{R} : \mathfrak{R} \cap \mathfrak{S}|_n^\omega = 1$ . Поскольку в силу нашего предположения  $\mathfrak{H}_1$  — единственная минимальная  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная

формация, входящая в  $\mathfrak{F}$ , то по лемме 1 получим  $\mathfrak{K} = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M}_1$ , где  $\mathfrak{M}_1 \subseteq \mathfrak{S}$ . Значит,

$$\mathfrak{F} = \mathfrak{X} \vee_n^\omega \mathfrak{K} = (\mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M}) \vee_n^\omega (\mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M}_1) = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega (\mathfrak{M} \vee_n^\omega \mathfrak{M}_1).$$

Ввиду леммы 1 имеем  $|\mathfrak{F} : \mathfrak{F} \cap \mathfrak{S}|_n^\omega = 1$ . Противоречие. Поэтому  $|\mathfrak{K} : \mathfrak{K} \cap \mathfrak{S}|_n^\omega = 2$ . Заметим, что  $\mathfrak{H}_1 \subseteq \mathfrak{K}$  и  $\mathfrak{M} \not\subseteq \mathfrak{K}$ , поскольку в противном случае  $\mathfrak{X} = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{K}$ . Но  $\mathfrak{X}$  — максимальная  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная подформация формации  $\mathfrak{F}$ . Противоречие.

Если  $\mathfrak{K}$  — неприводимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация, то

$$\mathfrak{F} = \mathfrak{X} \vee_n^\omega \mathfrak{K} = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M} \vee_n^\omega \mathfrak{K} = \mathfrak{M} \vee_n^\omega \mathfrak{K}$$

и формация  $\mathfrak{F}$  удовлетворяет условию 2) теоремы.

Пусть  $\mathfrak{K}$  — приводимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация. Как известно (см. замечание 3 [3, с. 127]), любая однопорожденная  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация содержит конечное число разрешимых  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных подформаций. Пусть  $k$  — число разрешимых  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных подформаций формации  $\mathfrak{K}$ . Индукцией по  $k$  покажем, что формация  $\mathfrak{F}$  удовлетворяет условию 2).

Обозначим через  $\mathfrak{L}$  такую максимальную  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенную подформацию формации  $\mathfrak{K}$ , что  $|\mathfrak{L} : \mathfrak{L} \cap \mathfrak{S}|_n^\omega = 1$ .

Если  $\mathfrak{K} \cap \mathfrak{S} \not\subseteq \mathfrak{L}$ , то  $\mathfrak{L} \vee_n^\omega (\mathfrak{K} \cap \mathfrak{S}) = \mathfrak{K}$  и  $|\mathfrak{K} : \mathfrak{K} \cap \mathfrak{S}|_n^\omega = 1$ , что невозможно. Значит,  $\mathfrak{K} \cap \mathfrak{S} \subseteq \mathfrak{L}$ . В силу леммы 1 имеет место равенство  $\mathfrak{L} = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M}_2$ , где  $\mathfrak{M}_2 \subseteq \mathfrak{S}$ . Поскольку  $\mathfrak{K}$  — приводимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация, то в  $\mathfrak{K} \setminus \mathfrak{L}$  найдется такая группа  $A$ , что  $\mathfrak{K}_1 = l_n^\omega \text{form} A \neq \mathfrak{K}$ . Тогда  $\mathfrak{K} = \mathfrak{L} \vee_n^\omega \mathfrak{K}_1$ . Если имеет место строгое неравенство  $|\mathfrak{K}_1 : \mathfrak{K}_1 \cap \mathfrak{S}|_n^\omega < 2$ , то в силу леммы 3 имеем  $|\mathfrak{K} : \mathfrak{K} \cap \mathfrak{S}|_n^\omega = 1$ . Противоречие. Значит,  $|\mathfrak{K}_1 : \mathfrak{K}_1 \cap \mathfrak{S}|_n^\omega = 2$ . Так как по нашему предположению в  $\mathfrak{F}$  нет отличных от  $\mathfrak{H}_1$  минимальных  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных неразрешимых формаций, то с учетом леммы 3 имеем  $\mathfrak{H}_1 \subseteq \mathfrak{K}_1$ . Поскольку  $\mathfrak{L}$  максимальная  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная подформация  $\mathfrak{K}$ , то  $\mathfrak{M}_2 \not\subseteq \mathfrak{K}_1$ , так как в противном случае  $\mathfrak{L} = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M}_2 \subseteq \mathfrak{K}_1 \subset \mathfrak{K}$ . Поэтому число разрешимых  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных подформаций формации  $\mathfrak{K}_1$  меньше  $k$ . Значит, если  $\mathfrak{K}_1$  — приводимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация, то по индукции мы можем считать, что  $\mathfrak{K}_1 = \mathfrak{H} \vee_n^\omega \mathfrak{M}_3$ , где  $\mathfrak{H}$  — неприводимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация разрешимого  $l_n^\omega$ -дефекта 2. Тогда

$$\begin{aligned} \mathfrak{F} &= \mathfrak{K} \vee_n^\omega \mathfrak{M} = \mathfrak{L} \vee_n^\omega \mathfrak{K}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M} = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M}_2 \vee_n^\omega \mathfrak{K}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M} = \\ &= \mathfrak{H} \vee_n^\omega (\mathfrak{M} \vee_n^\omega \mathfrak{M}_2 \vee_n^\omega \mathfrak{M}_3) = \mathfrak{H} \vee_n^\omega \mathfrak{M}_4, \end{aligned}$$

где  $\mathfrak{M}_4 \subseteq \mathfrak{S}$  и  $\mathfrak{M}_4 \not\subseteq \mathfrak{H}$ . Следовательно, формация  $\mathfrak{F}$  удовлетворяет условию 2) теоремы.

Если  $\mathfrak{K}_1$  — неприводимая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация, то

$$\begin{aligned} \mathfrak{F} &= \mathfrak{K} \vee_n^\omega \mathfrak{M} = \mathfrak{L} \vee_n^\omega \mathfrak{K}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M} = \mathfrak{H}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M}_2 \vee_n^\omega \mathfrak{K}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M} = \\ &= \mathfrak{K}_1 \vee_n^\omega (\mathfrak{M}_2 \vee_n^\omega \mathfrak{M}) = \mathfrak{K}_1 \vee_n^\omega \mathfrak{M}_5, \end{aligned}$$

где  $\mathfrak{M}_5 \subseteq \mathfrak{S}$  и  $\mathfrak{M}_5 \not\subseteq \mathfrak{H}$ . Таким образом, и в этом случае формация  $\mathfrak{F}$  также удовлетворяет условию 2). Теорема доказана.

Приведем некоторые следствия теоремы 1.

В случае  $\omega = \{p\}$  из теоремы 1 получаем

**Следствие 1.** Пусть  $\mathfrak{F}$  — приводимая  $n$ -кратно  $p$ -насыщенная формация. Тогда и только тогда разрешимый  $l_n^p$ -дефект формации  $\mathfrak{F}$  равен 2, когда  $\mathfrak{F}$  удовлетворяет одному из следующих условий:

1)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H}_1 \vee_n^p \mathfrak{H}_2 \vee_n^p \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ , а  $\mathfrak{H}_1$  и  $\mathfrak{H}_2$  — различные минимальные  $n$ -кратно  $p$ -насыщенные неразрешимые формации;

2)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H} \vee_n^p \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ ,  $\mathfrak{H}$  — неприводимая  $n$ -кратно  $p$ -насыщенная формация разрешимого  $l_n^p$ -дефекта 2,  $\mathfrak{M} \not\subseteq \mathfrak{H}$ .

Если  $\omega$  — множество всех простых чисел, из теоремы 1 вытекает

**Следствие 2.** Пусть  $\mathfrak{F}$  — приводимая  $n$ -кратно насыщенная формация. Тогда и только тогда разрешимый  $l_n$ -дефект формации  $\mathfrak{F}$  равен 2, когда  $\mathfrak{F}$  удовлетворяет одному из следующих условий:

1)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H}_1 \vee_n \mathfrak{H}_2 \vee_n \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ , а  $\mathfrak{H}_1$  и  $\mathfrak{H}_2$  — различные минимальные  $n$ -кратно насыщенные неразрешимые формации;

2)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H} \vee_n \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ ,  $\mathfrak{H}$  — неприводимая  $n$ -кратно насыщенная формация разрешимого  $l_n$ -дефекта 2,  $\mathfrak{M} \not\subseteq \mathfrak{H}$ .

Пусть теперь  $n = 1$ . Тогда из теоремы 1 вытекает

**Следствие 3 [13].** Пусть  $\mathfrak{F}$  — приводимая  $\omega$ -насыщенная формация. Тогда и только тогда разрешимый  $l^\omega$ -дефект формации  $\mathfrak{F}$  равен 2, когда  $\mathfrak{F}$  удовлетворяет одному из следующих условий:

1)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H}_1 \vee^\omega \mathfrak{H}_2 \vee^\omega \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ , а  $\mathfrak{H}_1$  и  $\mathfrak{H}_2$  — различные минимальные  $\omega$ -насыщенные неразрешимые формации;

2)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H} \vee^\omega \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ ,  $\mathfrak{H}$  — неприводимая  $\omega$ -насыщенная формация разрешимого  $l^\omega$ -дефекта 2,  $\mathfrak{M} \not\subseteq \mathfrak{H}$ .

В случае, когда  $n = 1$  и  $\omega = \{p\}$ , из теоремы 1 получаем

**Следствие 4 [13].** Пусть  $\mathfrak{F}$  — приводимая  $p$ -насыщенная формация. Тогда и только тогда разрешимый  $l^p$ -дефект формации  $\mathfrak{F}$  равен 2, когда  $\mathfrak{F}$  удовлетворяет одному из следующих условий:

1)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H}_1 \vee^p \mathfrak{H}_2 \vee^p \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ , а  $\mathfrak{H}_1$  и  $\mathfrak{H}_2$  — различные минимальные  $p$ -насыщенные неразрешимые формации;

2)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H} \vee^p \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ ,  $\mathfrak{H}$  — неприводимая  $p$ -насыщенная формация разрешимого  $l^p$ -дефекта 2,  $\mathfrak{M} \not\subseteq \mathfrak{H}$ .

Если  $n = 1$  и  $\omega$  — множество всех простых чисел, из теоремы 1 вытекает

**Следствие 5 [13].** Пусть  $\mathfrak{F}$  — приводимая насыщенная формация. Тогда и только тогда разрешимый дефект формации  $\mathfrak{F}$  равен 2, когда  $\mathfrak{F}$  удовлетворяет одному из следующих условий:

1)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H}_1 \vee_l \mathfrak{H}_2 \vee_l \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ , а  $\mathfrak{H}_1$  и  $\mathfrak{H}_2$  — различные минимальные насыщенные неразрешимые формации;

2)  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H} \vee_l \mathfrak{M}$ , где  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S}$ ,  $\mathfrak{H}$  — неприводимая насыщенная формация разрешимого дефекта 2,  $\mathfrak{M} \not\subseteq \mathfrak{H}$ .

**Резюме.** Пусть  $\mathfrak{F}$  — некоторая  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенная формация конечных групп,  $\mathfrak{S}$  — формация всех конечных разрешимых групп. Тогда через  $\mathfrak{F}/_n^\omega \mathfrak{F} \cap \mathfrak{S}$  обозначают решетку всех  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных формаций, заключенных между формациями  $\mathfrak{F} \cap \mathfrak{S}$  и  $\mathfrak{F}$ . Длину решетки  $\mathfrak{F}/_n^\omega \mathfrak{F} \cap \mathfrak{S}$  называют разрешимым  $l_n^\omega$ -дефектом  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенной формации  $\mathfrak{F}$ .

В работе получено описание приводимых  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных формаций конечных групп с разрешимым  $l_n^\omega$ -дефектом 2.

**Abstract.** Let  $\mathfrak{F}$  be some  $n$ -multiply  $\omega$ -saturated formation of finite groups,  $\mathfrak{S}$  be the formation of all soluble finite groups. Then  $\mathfrak{F}/_n^\omega \mathfrak{F} \cap \mathfrak{S}$  denotes the lattice of all  $n$ -multiply  $\omega$ -saturated formations  $\mathfrak{H}$  such that  $\mathfrak{F} \cap \mathfrak{S} \subseteq \mathfrak{H} \subseteq \mathfrak{F}$ . A length of the lattice  $\mathfrak{F}/_n^\omega \mathfrak{F} \cap \mathfrak{S}$  is called

a soluble  $l_n^\omega$ -defect of the  $n$ -multiply  $\omega$ -saturated formation  $\mathfrak{F}$ . The description of reducible  $n$ -multiply  $\omega$ -saturated formations of finite groups with a soluble  $l_n^\omega$ -defect 2 is obtained.

### Литература

1. Шеметков, Л.А. Формации алгебраических систем / Л.А. Шеметков, А.Н. Скиба. — М.: Наука, 1989. — 253 с.
2. Скиба, А.Н. Алгебра формаций / А.Н. Скиба. — Мн.: Беларуская навука, 1997. — 240 с.
3. Скиба, А.Н. Кратно  $\omega$ -локальные формации и классы Фиттинга конечных групп / А.Н. Скиба, Л.А. Шеметков // Матем. труды. — 1999. — Т. 2, № 2. — С. 114–147.
4. Скиба, А.Н., Классификация локальных формаций конечных групп с нильпотентным дефектом 2 / А.Н. Скиба, Е.А.Таргонский // Матем. заметки. — 1987. — Т.41. — № 4. — С. 490–499.
5. Сафонов, В.Г. О кратно локальных формациях с ограниченным нильпотентным дефектом / В.Г. Сафонов // Вопросы алгебры. — 1996. — Вып. 9. — С. 112–127.
6. Сафонов, В.Г. О кратно насыщенных формациях нильпотентного дефекта 3 / В.Г. Сафонов // Весн. Віцебскага дзярж. ун-та. - 2005, — № 3 (37). С. 105–109.
7. Сафонов, В.Г. О приводимых тотально насыщенных формациях нильпотентного дефекта 3 / В.Г. Сафонов // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. — 2005, — № 4 (31). С.157–162.
8. Сафонов, В.Г. О неприводимых тотально насыщенных формациях нильпотентного дефекта 3 / В.Г. Сафонов // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. — 2006. — 3 (36). — С. 131–136.
9. Сафонов, В.Г. Тотально насыщенные формации с метанильпотентным  $l_\infty$ -дефектом 3 / В.Г. Сафонов // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. — 2007. — №4. — С. 40–46.
10. Сафонов, В.Г. К теории тотально насыщенных формаций конечных групп / В.Г. Сафонов. — Гомель, 2008. — 34 с. — (Препринт / Гомельский гос. ун-т им. Ф.Скорины; № 15).
11. Джехад, Дж. Классификация  $p$ -локальных формаций длины 3: автореф. : дис. канд. физ.-мат. наук: 02.12.01 / Дж. Джехад; Гом. гос. ун-т им.Ф.Скорины. — Гомель, 1996. — 15 с.
12. Жевнова, Н.Г.  $\omega$ -Локальные формации с дополняемыми подформациями: автореф. : дис. канд. физ.-мат. наук: 02.12.01 / Н.Г. Жевнова; Гом. гос. ун-т им. Ф.Скорины. — Гомель, 1997. — 17 с.
13. Сафонов, В.Г. О приводимых  $\omega$ -насыщенных формациях с разрешимым дефектом  $\leq 2$  / В.Г. Сафонов, И.Н.Сафонова // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф.Скорины. — 2005, — № 5 (32). С.162–165.
14. Сафонов, В.Г. О  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных формациях с максимальной разрешимой подформацией / В.Г. Сафонов, И.Н. Сафонова // Вестник Гродненского гос. университета. Серия Математика. — 2008. — № 2. — С.53–57.
15. Сафонов, В.Г. О  $\tau$ -замкнутых  $\omega$ -насыщенных формациях разрешимого  $l_\tau^\omega$ -дефекта 1 / В.Г. Сафонов, И.Н. Сафонова // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. — 2008, №2 (48).- С. 120–125.

16. Сафонов, В.Г. Частично насыщенные формации с  $\pi$ -нильпотентным дефектом 1 / В.Г.Сафонов, А.И. Рябченко // Вестн. Мозырского гос. пед. ун-та. — 2005. — № 2(13). — С. 16–20.
17. Рябченко, А.И. Частично насыщенные формации с  $\pi$ -специальным дефектом 1 / А.И. Рябченко // Изв. Гомельского гос. ун-та им. Ф.Скорины. — 2006. — № 5. — С. 59–68.
18. Сафонов, В.Г. О  $\omega$ -насыщенных формациях с  $\pi$ -разложимым дефектом 1 / В.Г.Сафонов, А.И. Рябченко // Вес. Магілёўскага дзярж. ун-та ім. А.А.Куляшова. — 2006. — № 4 (25). — С. 204–211.
19. Рябченко, А.И. О частично насыщенных формациях с  $\mathfrak{X}$ -дефектом 1 / А.И. Рябченко // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. — 2008. — № 1. — С. 28–34.
20. Рябченко, А.И. О частично насыщенной формации с максимальной подформацией классического типа / А.И. Рябченко // Изв. Гом. гос. ун-та им. Ф.Скорины. — 2008. — № 5(50), Ч.2. — С. 216–222.
21. Рябченко, А.И. К теории частично насыщенных формаций / А.И. Рябченко // Изв. Гом. гос. ун-та им. Ф.Скорины. — 2008. — № 6(51), Ч.2. — С. 153–160.
22. Сафонов, В.Г. О  $l_n^\omega$ -приводимых  $n$ -кратно  $\omega$ -насыщенных формациях разрешимого  $l_n^\omega$ -дефекта 2 / В.Г. Сафонов, И.Н. Сафонова // X Белорусская математ. конференция: тез. докл. междунар. конф., Минск, 3–7 нояб. 2008 г. — Минск, 2008. — Ч. 1. — С. 49.
23. Скиба, А.Н. О частично локальных формациях / А.Н. Скиба, Л.А. Шеметков // Докл. АН Беларусі. — 1995. — Т.39, № 3. — С. 9–11.
24. Шабалина, И.П. О решетке  $\tau$ -замкнутых  $n$ -кратно  $\omega$ -локальных формаций конечных групп / И.П. Шабалина // Весці НАН Беларусі, Сер. фіз.-мат. навук. — 2003, № 1. — С. 28–30.

УДК 512.542

## Конечные группы с ограничениями на порядки некоторых силовских подгрупп

В. С. МОНАХОВ, А. А. ТРОФИМУК

Рассматриваются только конечные группы. Все обозначения и используемые определения соответствуют [1–3]. В данной работе представлены результаты, связанные со строением конечной группы с ограничениями на порядки силовских подгрупп всей группы или ее подгрупп Шмидта, либо на порядки силовских подгрупп из факторов некоторого нормального ряда группы.

### 1 Разрешимые группы, небициклические силовские подгруппы которых имеют ограниченные порядки

В работе [4] установлено, что если порядок разрешимой группы  $G$  не делится на  $(n + 1)$ -е степени простых чисел, то производная длина фактор-группы  $G/\Phi(G)$  не превышает  $3 + n$ . Здесь  $\Phi(G)$  — подгруппа Фраттини группы  $G$ . Бициклической называют группу  $G = AB$ , являющуюся произведением двух циклических подгрупп  $A$  и  $B$ . Группы с бициклическими силовскими подгруппами изучались в работе [5], где, в частности, доказано, что если у разрешимой группы  $G$  все силовские подгруппы бициклические, то  $d(G) \leq 6$ . Здесь  $d(G)$  — производная длина группы  $G$ .

Идеи работ [4] и [5] нашли применение в исследовании разрешимых групп, небициклические силовские подгруппы которых имеют ограниченные порядки. В частности, они используются при доказательстве следующей теоремы.

**Теорема 1.** Пусть  $G$  — разрешимая группа, у которой для каждого  $p \in \pi(G)$  силовские  $p$ -подгруппы либо бициклические, либо порядка  $p^3$ . Тогда справедливы следующие утверждения.

1. Производная длина группы  $G$  не превышает 6.
2. Если  $p = 2$ , то фактор-группа  $G/O_{2',2}(G)$  имеет нечетный порядок, либо изоморфна  $S_3$ . В частности,  $l_2(G) \leq 2$ . Если  $p = 3$ , то фактор-группа  $G/O_{3',3}(G)$  либо  $3'$ -группа, либо изоморфна  $SL(2, 3)$ . В частности, если силовская 3-подгруппа бициклическая, то  $l_3(G) \leq 1$ . Если  $p > 3$ , то  $l_p(G) \leq 1$ .
3. Пусть  $G$  —  $A_4$ -свободная группа. Тогда:
  - 3.1)  $l_p(G) \leq 1$  для любого  $p \in \pi(G)$ ;
  - 3.2)  $G$  — дисперсивная группа;
  - 3.3) если каждое простое  $q \in \pi(G)$  не делит  $p^2 + p + 1$  для всех простых  $p \in \pi(G)$ , то  $G$  — дисперсивная по Оре группа;
  - 3.4) производная длина группы  $G$  не превышает 5.
4. Пусть  $G$  — группа нечетного порядка. Тогда производная длина группы  $G$  не превышает 3.

Напомним, что группа называется  $A_4$ -свободной, если она не содержит секций изоморфных знакопеременной группе  $A_4$ .

**Пример 1.** Пусть  $S$  — экстраспециальная группа порядка  $7^3$  и  $H = \langle a, b, c \mid a^2 = b^3 = c^4 = abc \rangle$  — группа порядка  $2^4 \cdot 3$ , силовская 2-подгруппа которой является группой кватернионов  $Q_{16}$  порядка 16. В системе компьютерной алгебры GAP [6] несложно построить группу  $G = [S]H$ , у которой  $d(G) = 6$ . Значит оценка производной длины в теореме 1 является точной.

**Пример 2.** Симметрическая группа степени 4 имеет 2-длину 2 и силовскую 2-подгруппу порядка 8. Группа  $[E_{3^2}]SL(2, 3)$  имеет 3-длину 2 и силовскую 3-подгруппу порядка  $3^3$ . Значит, оценки 2- и 3-длины в теореме 1 точные.

**Пример 3.** Пусть  $E_{7^3}$  — элементарная абелева группа порядка  $7^3$ ,  $S$  — экстраспециальная группа порядка 27,  $Q_8$  — группа кватернионов порядка 8. Полупрямое произведение  $G = [E_{7^3}]( [S]Q_8 )$  является  $A_4$ -свободной группой порядка  $2^3 \cdot 5^3 \cdot 7^3$ , удовлетворяющей условию теоремы 1. Ее производная длина равна 5. Таким образом, оценка производной длины  $A_4$ -свободной группы является точной.

Если небициклические силовские подгруппы имеют произвольный порядок, то производная длина и  $p$ -длина группы ограничены сверху значениями функций, зависящими от этих порядков.

**Теорема 2.** Пусть в разрешимой группе  $G$  порядок каждой небициклической силовской  $p$ -подгруппы не делится на  $p^{n+1}$ ,  $p \in \pi(G)$ ,  $n \in \mathbb{N}$ . Тогда справедливы следующие утверждения.

1.  $d(G) \leq \rho(n) + \delta(n) + 1$ , где  $\delta(n) = \max\{k \in \mathbb{N} \mid n \geq 2^k + 2k - 2\}$ . Если все силовские  $p$ -подгруппы бициклические, то  $d(G) \leq 6$ .

2. Если силовская  $p$ -подгруппа  $G_p$  бициклическая, то  $l_2(G) \leq 2$  при  $p = 2$ , а  $l_p(G) \leq 1$  при  $p > 2$ . Если  $G_p$  небициклическая и  $|G_p| = p^{n_p}$ , то  $l_p(G) \leq \delta(n_p) + 1$ .

Здесь  $\rho(n)$  — максимум производных длин вполне приводимых разрешимых подгрупп полной линейной группы  $GL(n, \mathbb{P})$  над полем  $\mathbb{P}$ , а  $\mathbb{N}$  — множество всех натуральных чисел. Согласно теореме Цассенхауза [7] такая функция  $\rho(n) : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$  существует и не зависит от поля  $\mathbb{P}$ . Значения  $\rho(n)$  вычислены для всех  $n$  в работе ([8], теорема  $A_S$ ). Подставляя эти значения вместо  $\rho(n)$  в теорему 2, получаем следующие утверждения.

**Следствие.** Пусть  $G$  — разрешимая группа, у которой порядок каждой небициклической силовской  $p$ -подгруппы не делится на  $p^{n+1}$ ,  $p \in \pi(G)$ ,  $n \in \mathbb{N}$ . Тогда:

- 1) если  $3 \leq n \leq 6$ , то  $d(G) \leq n + 4$ ;
- 2) если  $7 \leq n \leq 10$ , то  $d(G) \leq n + 3$ ;
- 3) если  $n = 11$ , то  $d(G) \leq 13$ ;
- 4) если  $12 \leq n \leq 17$ , то  $d(G) \leq 14$ ;
- 5) если  $18 \leq n \leq 21$ , то  $d(G) \leq 15$ ;
- 6) если  $22 \leq n \leq 25$ , то  $d(G) \leq 16$ ;
- 7) если  $26 \leq n \leq 33$ , то  $d(G) \leq 17$ ;
- 8) если  $34 \leq n \leq 39$ , то  $d(G) \leq 18$ ;
- 9) если  $40 \leq n \leq 65$ , то  $d(G) \leq 19$ ;
- 10) если  $n \geq 66$ , то  $d(G) \leq 5 \log_9(n - 2) + \delta(n) + 6, 3$ .

## 2 Разрешимые группы с ограниченными порядками факторов ее нормального ряда

Пусть  $n$  и  $m$  — натуральные числа. Говорят, что  $n$  свободно от  $m$ -х степеней, если  $p^m$  не делит  $n$  для всех простых  $p$ . При  $m = 2$  говорят, что  $n$  свободно от квадратов, а при  $m = 3$  — от кубов.

Если порядок группы  $G$  свободен от квадратов, то в  $G$  существует циклическая холлова подгруппа  $N$  такая, что  $G/N$  циклическая ([3], теорема IV.2.11). В частности,  $G$  сверхразрешима и ее производная длина не превосходит 2.

Группы порядков, свободных от кубов, могут быть неразрешимыми. В работе [9] перечислены все такие группы:

если  $G$  — неразрешимая группа порядка, свободного от кубов, то  $G = A \times B$ , где  $A$  — разрешимая подгруппа,  $B \cong PSL(2, r)$ ,  $r$  — простое число,  $r \equiv \pm 3 \pmod{8}$  и числа  $r - 1$  и  $r + 1$  свободны от кубов.

Для разрешимой группы  $G$  порядка, свободного от кубов, в работе [9] доказаны следующие утверждения:

- производная длина  $G$  не превышает 3;*
- $G$  — дисперсивная группа;*
- $\{2, 3\}'$ -холлова подгруппа нормальна и дисперсивна по Оре;*
- $2'$ -холлова подгруппа метабелева;*
- если  $G$  не дисперсивна по Оре, то существует нормальная подгруппа  $N$  такая, что  $G/N$  изоморфна знакопеременной группе  $A_4$ .*

Нормальным рядом группы  $G$  называется цепочка подгрупп

$$1 = G_0 \subseteq G_1 \subseteq \dots \subseteq G_m = G, \tag{1}$$

в которой подгруппа  $G_i$  нормальна в группе  $G$  для всех  $i$ . Фактор-группы  $G_{i+1}/G_i$  называются факторами нормального ряда (1).

Вполне естественно возникает следующая задача:

*исследовать строение разрешимой группы с ограниченными порядками факторов ее нормального ряда.*

Несложно проверить, что если у группы  $G$  имеется нормальный ряд, факторы которого имеют порядки, свободные от квадратов, то  $G$  сверхразрешима. В частности,  $G$  дисперсивна по Оре, ее коммутант нильпотентен и производная длина  $G/\Phi(G)$  не выше 2. В случае, когда факторы имеют порядки, свободные от кубов, справедлива следующая теорема.

**Теорема 3.** *Пусть разрешимая группа  $G$  обладает нормальным рядом, факторы которого имеют порядки, свободные от кубов. Тогда справедливы следующие утверждения.*

1. *Нильпотентная длина  $G$  не превышает 4, а производная длина  $G/\Phi(G)$  не превышает 5.*
2. *Группа  $G$  содержит нормальную дисперсивную по Оре подгруппу  $N$  такую, что  $G/N$  сверхразрешима.*
3.  *$l_2(G) \leq 2$ ,  $l_3(G) \leq 2$  и  $l_p(G) \leq 1$  для всех простых  $p > 3$ .*
4. *Группа  $G$  содержит нормальную дисперсивную по Оре  $\{2, 3\}'$ -холлову подгруппу.*
5. *Если  $G$   $A_4$ -свободна, то:*
  - 5.1)  *$l_p(G) \leq 1$  для любого простого  $p$ ;*
  - 5.2) *производная длина  $G/\Phi(G)$  не превышает 3;*
  - 5.3)  *$G$  дисперсивна по Оре.*
6. *Если  $G$  имеет нечетный порядок, то коммутант  $G$  нильпотентен. В частности,  $G/\Phi(G)$  метабелева.*

Следующие примеры показывают, что все оценки из теоремы 3 являются точными.

**Пример 4.** Пусть  $S$  — экстраспециальная группа порядка 27. Ее группой автоморфизмов является группа  $[E_{3^2}]GL(2, 3)$  [6]. Полупрямое произведение  $G = [S]GL(2, 3)$  является группой порядка  $2^4 3^3$  с подгруппой Фраттини  $\Phi(G)$  порядка 3. Производная длина  $G$  равна 6, а производная длина  $G/\Phi(G)$  равна 5. Данная группа обладает главным рядом

$$1 \subset Z_3 \subset S \subset [S]Z_2 \subset [S]Q_8 \subset [S]SL(2, 3) \subset G$$

с факторами порядка, свободного от кубов:

$$Z_3, S/Z_3 \simeq E_{3^2}, ([S]Z_2)/S \simeq Z_2, ([S]Q_8)/([S]Z_2) \simeq E_{2^2},$$

$$([S]SL(2, 3))/([S]Q_8) \simeq Z_3, \quad G/([S]SL(2, 3)) \simeq Z_2.$$

Кроме того, 2-длина и 3-длина данной группы равна 2.

**Пример 5.** Пусть  $E_{5^2}$  — элементарная абелева группа порядка  $5^2$ . Её группой автоморфизмов является полная линейная группа  $GL(2, 5)$ , в которой имеется подгруппа, изоморфная симметрической группе  $S_3$  степени 3. Полупрямое произведение  $G = [E_{5^2}]S_3$  является  $A_4$ -свободной группой с единичной подгруппой Фраттини. Производная длина группы  $G$  равна 3. Данная группа обладает главным рядом

$$1 \subset E_{5^2} \subset [E_{5^2}]Z_3 \subset [E_{5^2}]S_3 = G$$

с факторами порядка, свободного от кубов:

$$E_{5^2}, \quad ([E_{5^2}]Z_3)/(E_{5^2}) \simeq Z_3, \quad ([E_{5^2}]S_3)/([E_{5^2}]Z_3) \simeq Z_2.$$

Кроме того, группа  $G$  является дисперсивной по Оре, а  $p$ -длина данной группы равна 1 для произвольного  $p \in \{2, 3, 5\}$ .

### 3 Группы, все подгруппы Шмидта которых имеют нормальные силовские подгруппы порядка свободного от четвертых степеней

В 1924 году О. Ю. Шмидт [10] исследовал строение конечной ненильпотентной группы, у которой все собственные подгруппы нильпотентны. Такие группы впоследствии стали называть группами Шмидта или минимальными ненильпотентными группами. В дальнейшем  $S_{\langle p, q \rangle}$ -группой будем называть группу Шмидта с нормальной силовской  $p$ -подгруппой и ненормальной циклической силовской  $q$ -подгруппой. Для  $S_{\langle p, q \rangle}$ -группы  $S$  будем использовать запись  $S = [P]Q$ , где  $P$  — нормальная силовская  $p$ -подгруппа, а  $Q$  — циклическая ненормальная силовская  $q$ -подгруппа.

Подробный обзор результатов о группах Шмидта и их приложениях в теории конечных групп имеется в [11]. Поскольку группы Шмидта присутствуют в качестве подгруппы в каждой ненильпотентной группе, то они являются универсальными подгруппами конечных групп.

В работе [12] исследовано строение группы, у которой все подгруппы Шмидта сверхразрешимы. Отсюда следует строение групп, подгруппы Шмидта которых имеют порядки, свободные от квадратов. В работе [13] описаны группы с подгруппами Шмидта порядков, свободных от кубов.

**Теорема 4.** *В группе  $G$  все подгруппы Шмидта имеют нормальные силовские подгруппы порядка, свободного от четвертых степеней, тогда и только тогда, когда для каждой пары простых чисел  $\{s, r\} \neq \{3, 2\}$  из  $\pi(G)$  таких, что  $s > r$  и  $s$  не делит  $r^2 + r + 1$ , любая  $\{s, r\}$ -подгруппа группы  $G$  является  $s$ -замкнутой. Кроме того, если  $r$  не делит  $(s + 1)(s^3 - 1)$ , то любая  $\{s, r\}$ -подгруппа группы  $G$  нильпотентна.*

**Теорема 5.** *Пусть в группе  $G$  все подгруппы Шмидта имеют нормальные силовские подгруппы порядка, свободного от четвертых степеней. Тогда справедливы следующие утверждения.*

1. Множество подгрупп Шмидта в группе  $G$  исчерпывается следующими подгруппами:

- 1.1)  $S_{\langle p, q \rangle}$ -подгруппами  $[Z_p]Z_{q^i}$ , где  $q$  делит  $p - 1$ ,  $i \in \mathbb{N}$ ;
- 1.2)  $S_{\langle p, q \rangle}$ -подгруппами  $[E_{p^2}]Z_{q^i}$ ,  $[[E_{p^2}]Z_p]Z_{q^i}$ ,  $[T]Z_{3^i}$ , где  $q$  делит  $p + 1$ ,  $q > 2$ ,  $i \in \mathbb{N}$ , и  $T$  — группа кватернионов порядка 8;
- 1.3)  $S_{\langle p, q \rangle}$ -подгруппами  $[E_{p^3}]Z_{q^i}$ , где  $q$  не делит  $p^2 - 1$ , но делит  $p^2 + p + 1$ ,  $i \in \mathbb{N}$ .

2. Тогда и только тогда в группе  $G$  нет подгрупп Шмидта типа 1.1) и 1.2), когда:

2.1) группа  $G$  2-замкнута и 3-замкнута;

2.2) для любых простых  $s > r > 3$  из  $\pi(G)$  таких, что  $r$  делит  $s^2 - 1$ ,  $\{s, r\}$ -холлова подгруппа  $r$ -замкнута.

3. Тогда и только тогда в группе  $G$  нет подгрупп Шмидта типа 1.1) и 1.3), когда:

3.1) группа  $G$  2-замкнута;

3.2)  $3'$ - и  $2'$ -холловы подгруппы дисперсивны по Оре;

3.3)  $\{s, r\}$ -холлова подгруппа нильпотентна для всех простых чисел  $s > r > 2$  из  $\pi(G)$  таких, что  $r$  не делит  $s + 1$ .

4. Тогда и только тогда в группе  $G$  нет подгрупп Шмидта типа 1.2) и 1.3), когда:

4.1) группа  $G$  дисперсивна по Оре;

4.2)  $\{s, r\}$ -холлова подгруппа нильпотентна для всех простых чисел  $s > r$  из  $\pi(G)$  таких, что  $r$  не делит  $s - 1$ .

**Резюме.** В данной работе представлены результаты, связанные со строением конечной группы с ограничениями на порядок силовских подгрупп всей группы или ее подгрупп Шмидта, либо на порядок силовских подгрупп факторов некоторого нормального ряда.

**Abstract.** Let  $G$  be a finite group. We present the results about a structure of  $G$  with restrictions on the order of Sylow subgroups of  $G$  or Schmidt subgroups of  $G$ , or on the order of Sylow subgroups from factors of some normal series of  $G$ .

## Литература

1. Шеметков, Л. А. Формации конечных групп / Л. А. Шеметков // М.: Наука, 1978.
2. Монахов, В. С. Введение в теорию конечных групп и их классов / В. С. Монахов. — Минск: Вышэйшая школа, 2006.
3. Huppert, B. Endliche Gruppen I / B. Huppert. — Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 1967.
4. Монахов, В. С. Об индексах максимальных подгрупп конечных разрешимых групп / В. С. Монахов // Алгебра и логика. — 2004. — Т. 43, № 4. — С. 411–424.
5. Монахов, В. С. О максимальных и силовских подгруппах конечных разрешимых групп / В. С. Монахов, Е. Е. Грибовская // Матем. заметки. — 2001. — Т. 70, № 4. — С. 603–612.
6. The GAP Group, GAP — Groups, Algorithms, and Programming, Version 4.4; 2009. (<http://www.gap-system.org>)
7. Zassenhaus, H. Beweis eines Satzes über diskrete Gruppen / H. Zassenhaus // Abh. Math. Sem. Univ. Hamburg. — 1938. — Bd 12. — S. 289–312.
8. Newman, M. F. The Soluble Length of Soluble Linear Groups / M. F. Newman // Math. Z. — 1972. — V. 126. — P. 59–70.
9. Монахов, В. С. Конечные группы, силовские подгруппы которых либо циклические, либо порядка  $p^2$  / В. С. Монахов, А. А. Трофимук // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. — 2008. — Т. 47, № 2. — С. 139–145.

10. Шмидт, О.Ю. Группы, все подгруппы которых специальные / О.Ю. Шмидт // Матем сб. — 1924. — Т. 31. — С. 366–372.
11. Монахов, В. С. Подгруппы Шмидта, их существование и некоторые приложения / В.С. Монахов // Труды Укр. матем. конгресса. — 2002. — С. 81–90.
12. Монахов, В. С. О конечных группах с заданным набором подгрупп Шмидта / В.С. Монахов // Матем. заметки. — 1995. — Т. 58, № 5. — С. 717–722.
13. Монахов, В. С. Конечные группы, подгруппы Шмидта которых имеют порядки, свободные от кубов / В.С. Монахов, А.А. Трофимук // Вестник Брестского государственного университета им. А. С. Пушкина. Серия естественных наук. — Т. 31, № 2. — 2008. — С. 19–23.

Гомельский государственный  
университет имени Ф. Скорины

Поступило 08.06.10

## ПРАВО

---

---

УДК 343.01

### Когнитивное уголовно-правовое отношение: определение понятия

В. В. МАРЧУК

#### Введение

Проблема уголовно-правового правоотношения является одной из сложных и вместе с тем наиболее актуальных в уголовном праве. В рамках советской правовой доктрины вопросы, касающиеся понятия и содержания уголовно-правового отношения, были предметом анализа в научных трудах многих правоведов. Своё мнение по этому вопросу высказали П. С. Элькинд [1], А. Л. Ременсон [2], В. Г. Смирнов [3], Ю. Б. Мельникова [4], И. Н. Даньшин [5], В. П. Божьев [6], Р. Р. Галиакбаров [7], Н. А. Огурцов [8], Л. В. Багрий-Шахматов [9], А. И. Санталов [10], В. С. Прохоров, Н. М. Кропачев, А. Н. Тарбагаев [11], В. А. Номоконов [12] и другие авторы. Проблематика уголовно-правового отношения была затронута и в научных трудах белорусских учёных А. В. Баркова [13] и В. М. Хомича [14]. Как показывают последние исследования некоторых зарубежных авторов (Н. Ф. Кузнецовой [15], З. А. Астемирова [16], Н. А. Лопашенко [17], О. Г. Петровой [18, 19], В. Д. Филимонова и О. В. Филимонова [20], А. А. Васильченко [21], А. В. Наумова [22], А. Н. Миронова [23], А. С. Курбановой [24], Р. О. Долотова [25] и др.) вопросы о понятии и содержании уголовно-правового отношения сохраняет свою актуальность и в настоящее время.

Проведённые исследования свидетельствуют о том, что по вопросу о сущности уголовно-правового отношения до настоящего времени не выработано единого подхода. Во многом этот вопрос зависит от понимания правоведом видов, содержания и объекта уголовно-правового отношения. Научный и практический интерес представляет понимание природы и сущности уголовно-правового отношения, возникающего в связи с совершением общественно опасного деяния, запрещенного уголовным законом.

#### Основная часть

Объяснению понятия уголовно-правового отношения, порождаемого совершением запрещенного уголовным законом деяния, во многом препятствует терминологический хаос, который наблюдается в науке уголовного права применительно к определению видов уголовно-правовых отношений. В настоящее время в науке уголовного права доминирует мнение о том, что есть основания выделять два вида уголовно-правовых отношений.

Первый вид уголовно-правовых отношений называют по-разному: «табуальные отношения» [10, с. 38- 44], «регулятивные уголовно-правовые отношения» [11, с. 58-94; 26, с. 204-206], «общерегулятивные уголовные правоотношения» [27, с. 122], «общие охранительные уголовно-правовые отношения» [14, с. 99-114], «регулятивно-охранительные правоотношения» [16, с. 18], «предупредительные правоотношения» [20, с. 120], «охранительно-предупредительные правоотношения» [17, с. 25-29]. Н. Ф. Кузнецова называет эти правоотношения в самом общем виде: «правоотношения в широком смысле слова» [15, с. 3]. Наличие этих отношений объясняют обычно в контексте позитивного уголовно-правового регулирования. Эти правоотношения возникают с момента вступления в силу уголовно-правовой

нормы и касаются соблюдения гражданами уголовно-правового запрета под угрозой применения наказания в случае нарушения этого запрета.<sup>1</sup>

Второй вид уголовно-правового правоотношения связан с фактом совершения деяния, запрещённого уголовным законом. Обычно, этот вид в литературе обозначают термином «охранительное уголовное правоотношение» [11, с. 95-143; 12, с. 123; 21, с. 5; 22, с. 6-7; 26, с. 206-209; 27, с. 516]. Некоторые авторы конкретизируют этот вид через понятие конфликтного общественного отношения [2, с. 8; 7; 14, с. 76-87]. Встречаются и иные названия: «уголовно-правовое отношение в узком смысле слова» [15, с. 3]; «уголовно-регулятивное правоотношение» [17, с. 29-30], «охранительно-карательное уголовно-правовое отношение» [16, с. 18], «восстановительное уголовно-правовое правоотношение» [20, с. 120].

Необходимо отметить, что некоторые авторы выделяют три разновидности уголовно-правовых отношений. Так, А. В. Наумов в предмете уголовно-правового регулирования выделяет отношения, связанные с удержанием лица от совершения преступления посредством угрозы наказания, содержащейся в уголовно-правовых нормах; охранительные уголовно-правовые отношения (возникающие в связи с совершением преступления); регулятивные уголовно-правовые отношения (при необходимой обороне и т. п.) [22, с. 6-12]. А. А. Васильченко обозначает в механизме уголовно-правового регулирования общерегулятивные (общие), охранительные и конкретные регулятивные уголовные правоотношения [21, с. 5]. Сходной позиции придерживается и В. А. Номоконов [12, с. 122-123; 27, с. 516].

Различные терминологические обозначения вводят путаницу в понимание природы и содержания уголовно-правового отношения, дезориентируют юриста в восприятии категориального аппарата уголовного права. Например, Н. М. Кропачев называет регулятивными те уголовно-правовые отношения, которые основаны на уголовном законе и обусловлены предупредительной функцией уголовного права [26, с. 204-205] (т.е. правоотношения в широком смысле этого слова; те отношения, которые обусловлены позитивным уголовно-правовым регулированием). Но Н. А. Лопашенко, обозначив условность названия «уголовно-регулятивные отношения» [17, с. 26], в целом считает, что регулятивные отношения возникают с момента нарушения лицом уголовно-правового запрета и длятся до момента назначения судом виновному наказания или применения иных мер уголовно-правового воздействия [17, с. 29]. Особым функциональным содержанием в предмете уголовно-правового регулирования наполняет регулятивные уголовно-правовые отношения А. В. Наумов. В предложенной им трехчленной классификации уголовно-правовых отношений регулятивным уголовно-правовым отношениям придаётся специфическая роль, которая, по мнению автора, обусловлена регулирующей функцией уголовно-правовых норм, наделяющих граждан правом на причинение вреда при наличии обстоятельств, исключающих преступность деяния [22, с. 11-12]. Придание одному и тому же термину разного смыслового значения усложняет понимание содержания и объекта уголовно-правового отношения.

В современных исследованиях, посвященных механизму уголовно-правового регулирования, предпринимается попытка раскрыть специфику уголовно-правового отношения в несколько ином ракурсе. Так, Р. О. Долотов, рассматривая сквозь призму коммуникативного подхода механизм уголовно-правового регулирования в сфере преступных посягательств на объекты интеллектуальной собственности, трактует регулятивные и охранительные правоотношения в социопсихическом аспекте. Ценностно-психиконормативный (социопсихический) аспект уголовно-правового регулирования этих правоотношений раскрывается автором посредством введения понятий «когнитивного» и «актуального» правоотношения. При этом когнитивные и актуальные правоотношения проявляются как в регулятивных, так и в охранительных уголовно-правовых отношениях [25, с. 19-21].

Есть основания согласиться с мнением Р. О. Долотова в том, что охранительное уголовно-правовое отношение имеет когнитивный характер. Однако в предлагаемом автором

---

<sup>1</sup> Есть мнение, что выделять этот вид уголовно-правового отношения нет оснований [28, с. 89; 29, с. 12 ; 30, с. 4-5].

коммуникативном анализе механизма уголовно-правового регулирования понимание когнитивного охранительного правоотношения базируется на *осознанном* (курс. авт. ) нарушении лицом прав, охраняемых уголовным законом [25, с. 19-20]. Между тем, в философии лексическое значение слова «когниция» акцентировано в большей степени на *познании*, чем на *осознании*. Когниция – «знание, познание, когнитивный – соответствующий когниции, или познанию, познаваемый» [31, с. 214].

Факт совершения преступления порождает уголовно-правовое отношение, участниками которого являются, с одной стороны, органы правосудия (органы, производящие уголовное преследование, и суд), а с другой стороны, лицо, совершившее общественно опасное деяние, которое запрещено нормой уголовного закона.

В когнитивном дискурсе по-иному представляются и объекты уголовно-правового отношения. С учётом содержания и направленности поведения соответствующего участника правоотношения есть основания говорить о множественности объектов уголовно-правового отношения. Предметно-практическая, познавательная и оценочная деятельность органа, осуществляющего правосудие, направлена на два объекта: проявившееся во времени и конкретном месте общественно опасное деяние, запрещенное уголовным законом, и лицо, совершившее это общественно опасное деяние.

Совершённое общественно опасное деяние, как верно отмечает Н. А. Огурцов «выполняет функцию «ядра» или «узла» непосредственно причинно вызываемого им к жизни уголовного правоотношения – выступает в качестве внутреннего объекта этого правового отношения, находящегося не только в пределах отношений между его субъектами – преступником и государством, но и в самом центре этого отношения, поскольку последнее само «завязывается» именно в этом же объекте» [8, с. 68]. Однако нельзя согласиться с позицией Н. А. Огурцова в том, что только общественно опасное деяние является объектом уголовно-правового отношения [8, с. 65-72]. Познавательная деятельность суда или органа уголовного преследования как участника правоотношения направлена не только на общественно опасное деяние, но и на лицо, его совершившее.

В рассматриваемом аспекте заслуживает внимания позиция известного русского учёного Н. С. Таганцева. В своих лекциях по уголовному праву профессор Н. С. Таганцев не выделял каких-то особых юридических отношений в области уголовного права. Вместе с тем, обозначая объект карательной деятельности, он отметил следующее: «Преступное деяние является основанием возникновения и осуществления карательной власти; только при доказанности учиненного данным лицом преступного деяния оно может быть признано уголовно виновным и подлежащим наказанию. Но тем не менее, было бы и теоретически неверно, и практически крайне вредно считать объектом карательной деятельности только преступное деяние, как абстрактное понятие, забывая лицо, его учинившее» [32, с. 97-98].

При собирании доказательств о виновности соответствующего лица важное значение имеет выяснение состояния сознания преступника. В этом аспекте состояние психической активности преступника в посткриминальный период может быть объектом познавательной и оценочной деятельности органа, ведущего уголовный процесс. Выяснение состояния психической активности этого лица может стать одной из тех составляющих, которая в совокупности с другими обстоятельствами дела позволит, в частности, сформулировать вывод о вменяемости или невменяемости лица в момент совершения общественно опасного деяния. Если мы будем отрицать лицо, совершившее преступление, в качестве объекта уголовно-правового отношения, тогда не будет понятной направленность правового воздействия в рамках уголовно-исполнительного правового отношения. Тем более, что ст. 62 УК Республики Беларусь требует в рамках индивидуализации наказания учитывать личность виновного.

Возникнувшее в результате совершения общественно опасного деяния уголовно-правовое отношение порождает и особые когнитивные связи между участниками этого отношения. Содержание этого правоотношения выражается в субъективных правах и юридических обязанностях субъектов правоотношения. К полномочиям органов правосудия в рамках разворачивающегося уголовно-правового отношения на первоначальном этапе следует отнести право и обязанность органов уголовного преследования и суда дать уголовно-

правовую оценку совершенному деянию. Здесь предполагается решение целой совокупности вопросов: установление нормы УК, распространяющей свое действие на соответствующее событие, выяснение момента юридического окончания преступления, возможное решение вопросов о соучастии в преступлении, неоконченном преступлении, множественности преступлений и т. д. К числу субъективных прав лица, совершившего общественно опасное деяние, как субъекта уголовно-правового отношения следует отнести: право на то, чтобы к нему была применена та статья уголовного закона, в которой предусмотрена ответственность за соответствующее деяние; право на учет общественной опасности деяния и личности, а также обстоятельств, смягчающих уголовную ответственность.

Когнитивный характер деятельности органов, осуществляющих правосудие, проявляется и на последующих этапах развития уголовно-правового отношения. Для того, чтобы назначить соответствующую тяжести совершённого преступления меру уголовной ответственности, суд должен познать социально-правовую сущность личности преступника, уяснить мотивы и цели совершённого преступления, узнать восприятие потерпевшего по делам частного обвинения и др. В динамике развивающегося уголовно-правового отношения суд обязан определить меру уголовной ответственности в соответствии с тяжестью совершенного преступления, при наличии соответствующих оснований и условий решить вопрос об освобождении от уголовной ответственности или наказания, принять решение о возможности применения амнистии и т. д.

### Заключение

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Когнитивное уголовно-правовое отношение – это порожденная фактом совершения запрещенного уголовным законом деяния взаимосвязь прав и обязанностей органов правосудия и лица, совершившего общественно опасное деяние, на предмет уголовно-правовой оценки содеянного и привлечения виновного лица к уголовной ответственности.

2. Взаимозависимость участников уголовно-правового отношения обусловлена наличием особой когнитивной связи между этими участниками. Эта связь детерминируется содержанием уголовно-правового отношения. К полномочиям органов правосудия в рамках разворачивающегося уголовно-правового отношения на первоначальном этапе следует отнести право и обязанность органов уголовного преследования и суда дать уголовно-правовую оценку совершенному деянию, а основным правом лица, совершившего общественно опасное деяние, соответственно является право требовать правильной квалификации содеянного.

3. В рамках когнитивного дискурса предметно-практическая деятельность органов правосудия направлена на познание двух объектов: общественно опасного деяния, запрещенного уголовным законом, и лица, совершившего это общественно опасное деяние.

4. На первоначальном этапе разворачивающегося уголовно-правового отношения, вызванного фактом совершения запрещенного уголовным законом деяния, деятельность органов правосудия направлена на решение задач по квалификации преступления.

**Резюме.** Дано авторское определение когнитивного уголовно-правового отношения. Показана специфика когнитивной связи между участниками уголовно-правового отношения. Обозначена множественность объектов уголовно-правового отношения для познавательной деятельности органов правосудия.

**Abstract.** Author determination of cognitive criminal-law relation is given. The specific of cognitive connection is shown between the participants of criminal-law relation. Multiplicity of objects of criminal-law relation is marked for cognitive activity of organs of justice.

### Литература

1. Элькинд, П. С. Сущность советского уголовно-процессуального права / П. С. Элькинд. – Л. : ЛГУ, 1963 – 172 с.

2. Ременсон, А. Л. Теоретические вопросы исполнения лишения свободы и перевоспитания заключенных: автореф. ... докт. юр. наук. 12. 00. 08 / А. Л. Ременсон. – Томск, 1965. – 63 с.
3. Смирнов, В. Г. Функции советского уголовного права (предмет, задачи и способы уголовно-правового регулирования) / В. Г. Смирнов // Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1965. – 187 с.
4. Мельникова, Ю. Б. О понятии и сущности уголовно-правовых отношений / Ю. Б. Мельникова // Сов. государство и право. – 1970. – № 6. – С. 90-94.
5. Даньшин, И. Н. Уголовно-правовая охрана общественного порядка / И. Н. Даньшин. – М. : «Юрид. лит-ра», 1973. – 200 с.
6. Божьев, В. П. Уголовно-правовые и процессуальные правоотношения / В. П. Божьев, Е. А. Фролов // Советское государство и право. – 1974. – № 1. – С. 87-95.
7. Галиакбаров, Р. Р. Уголовное право и общественные отношения конфликтного характера / Р. Р. Галиакбаров // Проблемы советского уголовного права и криминологии. Вып. 2. М., 1973. С. 63-74.
8. Огурцов, Н. А. Правоотношения и ответственность в советском уголовном праве. Учеб. пособие / Н. А. Огурцов. – Рязань: Рязанская высшая школа МВД СССР, 1976. – 205 с.
9. Багрий-Шахматов, Л. В. Уголовная ответственность и наказание / Л. В. Багрий-Шахматов. – Минск: «Вышэйш. школа», 1976. – 383 с.
10. Санталов, А. И. Теоретические вопросы уголовной ответственности / А. И. Санталов. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. – 96 с.
11. Прохоров, В. С. Механизм уголовно-правового регулирования: норма, правоотношение, ответственность / В. С. Прохоров, Н. М. Кропачев, А. Н. Тарбагаев. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1989. – 208 с.
12. Номоконов, В. А. Преступное поведение: детерменизм и ответственность / В. А. Номоконов. – Владивосток: Издательство Дальневост. ун-та, 1989. – 160 с.
13. Барков, А. В. К вопросу о сущности уголовных правоотношений / А. В. Барков // Проблемы уголовного права. Сборник статей / Под. ред. И. С. Тишкевича. – Мн. : Изд-во БГУ, 1976. – С. 3- 17.
14. Хомич, В. М. Содержание уголовно-правового регулирования (теоретический аспект) / В. М. Хомич // Право и демократия. – 1990. – Вып. 3. – С. 99-114.
15. Кузнецова, Н. Ф. Понятие, предмет, метод, система, задачи уголовного права. Гл. 1. / Н. Ф. Кузнецова // Курс уголовного права. Общая часть. / под ред. Н. Ф. Кузнецовой, И. М. Тяжковой. Т. I. Учение о преступлении. – М. : Изд-во ЗЕРЦАЛО, 1999. – С. 1-17 с.
16. Астемиров, З. А. Проблемы теории уголовной ответственности и наказания / З. А. Астемиров. – Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2000. – 125 с.
17. Лопашенко, Н. А. Основы уголовно-правового воздействия: уголовное право, уголовный закон, уголовно-правовая политика / Н. А. Лопашенко. – СПб. : Издательство «Юридический центр Пресс», 2004. – 339 с.
18. Петрова, Г. О. Объект уголовно-правового отношения / Г. О. Петрова // Уголовное право. – 2003. – № 2. – С. 60-61.
19. Петрова, Г. О. Уголовно-правовое регулирование и его средства: норма и правоотношение: автореф. ... докт. юр. наук. 12. 00. 08 / Нижегородская акад. МВД / Г. О. Петрова. – Нижний Новгород, 2003. – 47 с.
20. Филимонов, В. Д. Правоотношения. Уголовные правоотношения. Уголовно-исполнительные правоотношения / В. Д. Филимонов, О. В. Филимонов. – М. : «ЮрИнфоР-Пресс», 2007. – 335 с.
21. Васильченко, А. А. Взаимосвязь уголовно-правовых и уголовно-процессуальных правовых отношений: автореф. ... канд. юр. наук. 12. 00. 08 / Волгоградская академия МВД России / А. А. Васильченко. – Волгоград, 2005. – 29 с.
22. Наумов, А. В. Российское уголовное право. Курс лекций: в 3 т. Т. 1. Общая часть. / А. В. Наумов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Волтерс Клувер, 2007. – 736 с.
23. Миронов, А. Н. Уголовные правоотношения / А. Н. Миронов // Рос. следователь. – 1999. – № 2. – С. 14-18.
24. Курбанова, А. С. Некоторые проблемы уголовно-правовых отношений в теории уголовного права / А. С. Курбанова // Бизнес в законе. – 2009. – № 2. – С. 137-139.

25. Долотов, Р. О. Механизм уголовно-правового регулирования в сфере преступных посягательств на объекты интеллектуальной собственности: автореф. ... канд. юр. наук. 12.00.08 / Саратов. гос. акад. права / Р. О. Долотов. – Саратов, 2009. – 30 с.
26. Кропачев, Н. М. Уголовная ответственность, ее основание и механизм уголовно-правового регулирования / Н. М. Кропачев // Уголовное право России: Общая часть: Учебник / Под ред. Н. М. Кропачева, Б. В. Волженкина, В. В. Орехова. – СПб. : Издательский Дом С.-Петерб. гос. ун-та, 2006. – Гл. 5. – С. 203-219.
27. Номоконов, В. А. Ответственность в уголовном праве и ее основание. Гл. 12. / В. А. Номоконов // Полный курс уголовного права: в 5 т. / под ред. А. И. Коробеева. Т. I. Преступление и наказание. – СПб. : Издательство В. Асланова «Юридический центр Пресс», 2008. – 1133 с.
28. Смирнов, В. Г. Правоотношение в советском уголовном праве / В. Г. Смирнов // Правоведение. 1961. – № 3. – С. 86-98.
29. Курс советского уголовного права. В 6 т. / Под ред. А. А. Пионтковского, П. С. Ромашкина, В. М. Чхиквадзе. – Т. 1. Часть Общая. Уголовный закон. – М. : Наука, 1970. – 311 с.
30. Разгильдиев, Б. Т. Задачи уголовного права Российской Федерации и их реализация / Б. Т. Разгильдиев. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1993. – 228 с.
31. Философский энциклопедический словарь. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 576 с.
32. Таганцев, Н. С. Русское уголовное право. Часть общая. / Н. С. Таганцев. – Т. 2. – Тула: Автограф, 2001. – 688 с.

## Прымяненне нормаў царкоўнага права ў рэгуляванні парадку заключэння шлюбу ў Беларусі (другая палова XIX – пачатак XX ст.)

АЛЯКСАНДР ГРАХОЦКІ

У XIX ст. у расійскім царкоўным дыскурсе дамінавала сакраменталісцкая канцэпцыя шлюбу, згодна з якой шлюб разглядаўся як правобраз саюза Хрыста і Царквы, як свяшчэннае таінства, «... соединяющее мужа и жену для полного неделимого общения жизни и низводящее на них дары Божьей благодати» [1, с. 349; 2, с. 261]. Гэтая канцэпцыя ў поўнай меры была ўспрынята імперскай афіцыйнай ідэалогіяй, якая вызначала сям'ю як адну з асноў сацыяльнай і палітычнай стабільнасці дзяржавы. Расійскае заканадаўства прызнавала толькі адну форму заключэння шлюбу – царкоўную. У «Законах гражданских» адзначалася: «... брак же во всех вероисповеданиях терпимых в Российской Империи... признаётся законным, когда оный совершён по обрядам их веры и по установленным правилам» (артыкул 1112) [3, с. 95]. Спецыяліст у галіне грамадзянскага права обер-пракурор Сінода (1880-1905 г.) К.П. Пабеданосцаў падаваў наступнае азначэнне шлюбу: «По нашим законам брак есть таинство и совершается не иначе, как посредством церковного обручения и венчания, в коем участие духовного лица, не безмолвное, но деятельное, существенно необходимо и для проверки гражданского действия, и для совершения таинства. Гражданское действие в браке у нас слито и нераздельно с таинством, и священник в совершении брака действует в одно и то же время и как служитель церкви, и как исполнитель закона гражданского» [4, с. 58].

Пытанні шлюбна-сямейнага права Расійскай імперыі атрымалі даволі шырокае адлюстраванне ў працах расійскіх дарэвалюцыйных правазнаўцаў [2, с. 213-297; 4-8]. Праблемы царкоўнай юрысдыкцыі ў сферы шлюбных адносін разглядаў адзін з найбуйнейшых дарэвалюцыйных спецыялістаў у галіне царкоўнага права М. Сувораў, гісторык імперскага права В. Латкін [1, с. 349-390; 9, с. 513-526]. У савецкі перыяд рэлігійныя нормы ў заканадаўстве Расійскай імперыі даследаваў В. Клячкоў [10, с. 85-112]. У сучаснай расійскай гістарыяграфіі да дадзенай праблематыкі звярталіся С. Рымскі, В. Жураўлёва, В. Вярэменка [11, с. 546-559; 12, с. 112-118; 13, с. 28-31; 14]. Прымяненне нормаў сямейнага права Рымска-каталіцкага касцёла і Евангелічна-лютэранскай царквы ў Расійскай імперыі разгледжана ў доктарскай дысертацыі В. А. Ліцэнбергер [15, с. 21-22; 16]. Амерыканскі гісторык-русіст Грэгары Фрыз у сваім даследаванні разгледзеў фактычную манаполію сінадальнай царквы на кантроль за шлюбам і разводам у Расіі [17; 18]. У беларускай гістарыяграфіі дадзена праблема засталася абдзеленай увагай даследчыкаў.

У нашым артыкуле пастаўлена задача разгледзець прымяненне нормаў царкоўнага права ў рэгуляванні парадку заключэння шлюбаў асобамі праваслаўнага веравызнання на беларускіх землях у другой палове XIX – пачатку XX ст. Пад прымяненнем права мы разумеем форму рэалізацыі права, паводле якой прававыя нормы адносна канкрэтных выпадкаў рэалізуюцца кампетэнтнымі органамі.

Прававыя нормы кнігі першай «Законов гражданских» («О правах и обязанностях семейственных») грунтаваліся на кананічных правілах Рускай праваслаўнай царквы. Дзяржаўныя законы ў дадзеным выпадку толькі пацвярджалі сілу царкоўных нормаў [2, с. 250]. Гэтак, «Законы гражданские» ўсталёўвалі наступны парадак заключэння шлюбу. Мужчына, які жадаў узяць шлюб, павінен быў у вуснай ці пісьмовай форме паведаміць аб гэтым святару свайго прыхода і падаць яму асабістыя даныя аб сабе і сваёй нявесце (імя, прозвішча, стан) (артыкул 25). Затым святар ажыццяўляў «абвяшчэнне» («оглашение») аб

будучым шлюбе ў царкве ў тры бліжэйшыя нядзельныя і святочныя дні пасля сканчэння літургіі. Калі нявеста належала да іншага прыходу, «абвясчэнне» ладзілася і ў яе прыходскай царкве (артыкул 26). Гэтая працэдура прадугледжвалася дзеля таго, каб кожны чалавек, які меў звесткі аб перашкодах да шлюбу, мог паведаміць аб іх святару (артыкул 27). Акрамя таго, прытч царквы, у якой павінна было адбыцца вянчанне, арганізоўваў «вобыск». Падчас «вобыску» адбывалася праверка дакументаў (напрыклад, дазваленне начальства на ўзяцце шлюбу чыноўнікам, метрычныя выпіскі аб узросце, пасведчанне аб спавяданні і прычашчэнні і г.д.) і апытанне сведкаў («поезжан»). Сведкі (па два ці тры ад жаніха і адпаведна ад нявесты) павінны былі падцвердзіць, што паміж маладымі адсутнічаюць перашкоды да ўзяцця шлюбу (адсутнасць роднасці, прымусу і г.д.). Акт «вобыску» запісваўся ў спецыяльную «вобыскную кнігу», падпісваўся жаніхом і нявестай, сведкамі і членамі прычту (артыкул 26, 28) [3, с. 2-3; гл. «Форму брачнаго обыска»: 3, с. 169-170].

Пасля гэтага адбывалася *вянчанне*. Артыкул 31 «Законов гражданских» прадпісваў здзяйсняць шлюб «... в церкви, в личном присутствии сочетающихся, во дни и время для сего положенные, при двух или трёх свидетелях, совокупно с обручением, и во всём сообразно правилам и обрядам Православной Церкви». І толькі епархіяльны архірэй меў права дазволіць вянчанне па-за царквой у тых мясцовасцях, дзе не было магчымасцяў для арганізацыі гэтага абраду ў храме. Пасля вянчання шлюб запісваўся ў прыходскую (метрычную) кнігу [3, с. 3]. Згодна з кананічнымі нормамаі, вянчанне забаранялася на працягу Вялікага, Каляднага, Пятрова і Успенскага пастоў, каляднага перыяду і вялікоднага тыдня, напярэдадні нядзельных (г. зн. па суботах) і святочных дзён, а таксама кожнай серады і пятніцы (па аўторках і чацвяргах) і ў некаторыя іншыя дні [гл.: 1, с. 378]. За парушэнне вышэй апісаных правілаў заключэння шлюбу, згодна з «Уложением о наказаниях уголовных и исправительных», прыходскія святары у выпадку здзяйснення правіннасці ўпершыню, караліся вымовай, за паўторнае парушэнне – адхіленнем ад пасады «... с воспрещением определять их вновь к приходу» (артыкул 1577) [19, с. 175]. Гэтак, святар Старажовецкай царквы Мазырскага павета Ф. Струкоўскі быў асуджаны духоўным судом на «месячную епітым'ю» ў Пінскім Багаяўленчым манастыры за тое, што здзейсніў заручыны сялянскай пары Арцёма Галоты і Марыі Жыткавец, але адмовіўся павянчаць маладых [20, л. 47-71]. Крымінальнай адказнасці за падпісанне «вобыску» з несапраўднымі данымі падлягалі і сведкі ў выпадку, калі яны ведалі аб падмане (артыкул 1553) [3, с. 173].

Артыкул 37 «Законов гражданских» вызначаў шэраг абставінаў, згодна з якімі шлюб прызнаваўся незаконным і несапраўдным [3, с. 4; гл. таксама: 21, ст. 217]. *Па-першае, ануляванню падлягаў шлюб у выпадку «вар'яцтва» («сумасшествия») сужэнца, а таксама шлюб, заключаны з выкарыстаннем гвалту*. Згодна з царкоўным правам галоўнай умовай шлюбу з'яўлялася згода жаніха і нявесты [2, с. 285]. У адпаведнасці з гэтым, артыкул 12 «Законов гражданских» вызначаў галоўнай умовай законнасці шлюбу «... взаимное и принужденное согласие сочетающихся лиц». Гэтак, «Уложение о наказаниях...» усталёўвала крымінальную адказнасць за прымус да ўзяцця шлюбу. Асобы, прызнаныя вінаватымі ў прымушэнні каго-небудзь да ўзяцця шлюбу «праз гвалт ці пагрозы», караліся пазбаўленнем усіх правоў стану і ссылай на катаржныя работы на тэрмін ад чатырох да шасці гадоў (артыкул 1550). Таксама і бацькі ці апекуны, якія прымушалі сваіх дзяцей (падапечных) да ўзяцця шлюбу, падлягалі турэмнаму зняволенню на тэрмін ад чатырох да шаснаццаці месяцаў і царкоўнаму пакаянню (артыкул 1586) [19, с. 172, 177].

У той жа час, для ўзяцця шлюбу патрабавалася згода бацькоў ці апекуноў. Адсутнасць гэтай згоды не з'яўлялася прычынай для скасавання ўжо заключанага шлюбу. Аднак бацькі мелі права падаць скаргу ў суд, згодна з якой жаніх абвінавачваўся ў «выкраданні незамужняй жанчыны, здзейсненым са згоды самой выкрадзенай» і падлягаў заключэнню ў турму на тэрмін ад 4 да 8 месяцаў. Нявеста ж каралася заключэннем у манастыр на гэты ж тэрмін. Больш за тое, асобы, што ўзялі шлюб без згоды бацькоў, пазбаўляліся права наследавання па закону маёмасці тых бацькоў, якіх «... они оскорбили своим неповиновением» [3, ст. 1549, 1566]. За ўзяцце шлюбу без згоды апекуноў, у выпадку скаргі апошніх, прадугледжваўся арышт на тэрмін ад трох тыдняў да трох месяцаў [3, ст. 1567].

Святар, які павянчаў маладых, ведаючы аб нязгодзе бацькоў на шлюб, падлягаў дысцыплінарнай адказнасці [3, ст. 1552]. Згодна з нормамі царкоўнага права, свяшчэннік, якому было вядома аб забароне бацькоў на ўзяцце іх дзецьмі шлюбу, абавязваўся «увещевать» жаніха і нявесту «скарыцца волі бацькоў». Калі ж угаворы святара і благачыннага заставаліся беспаспяховымі, свяшчэннік павінен быў звяртацца па дазвол на заключэнне гэткага шлюбу да епархіяльнага архіярэя [1, с. 366]. Акрамя таго, асобы, якія знаходзіліся на дзяржаўнай службе, не мелі права браць шлюб без згоды свайго начальства. За парушэнне дадзенай нормы вінаваты падлягаў «строгай вымове з унясеннем у паслужны спіс» [3, ст. 1565].

У справах духоўнага суда Мінскай епархіі нам сустрэлася прашэнне дваранкі А. Закоменнай, у якім яна прасіла прызнаць яе шлюб з падпаручнікам І. П. Закоменным несапраўдным. У дадзеным прашэнні жанчына называла адразу некалькі падставаў для анулявання шлюбу: вянчанне адбылося без дазволу яе бацькі, мясцовы святар Чарнякоўскі павянчаў маладых «второпях», «в тайне от отца», «без предворительного оглошения», «по наговору» маці яе мачыхі [22, л. 1-2]. У гэтым выпадку кансісторыя павінна была правесці «расследаванне» аб парушэнні святаром Чарнякоўскім правілаў заключэння шлюбу, высветліць, ці ведаў свяшчэннік аб адсутнасці дазволу бацькі на шлюб. Аднак па невядомых нам прычынах гэтае прашэнне засталася без адказу кансісторыі.

Згодна з нормамі царкоўнага права, «шаленства» жаніха ці нявесты (альбо абодвух) падчас заключэння шлюбу пазбаўляла хворую асобу магчымасці свядомага і свабоднага самавызначэння волі [1, с. 353]. Таму прыныповым у дадзеным выпадку быў час наступлення псіхічнага захворвання. Падставай для анулявання шлюбу магло служыць толькі даказанне таго, што на момант заключэння шлюбу сужэнец ужо быў псіхічна хворым. Гэтак, у 1863 г. у Мінскую духоўную кансісторыю звярталася Еўдакія Ястржамбец-Дземяновіч. У прашэнні аб скасаванні шлюбу з адстаўным падпалкоўнікам І. П. Ястржамбец-Дземяновічам жанчына пісала, што іх шлюб быў заключаны ў 1853 г., аднак у 1859 г. яе муж сур'ёзна захварэў – атрымаў «сильный удар крови в голове, с паралитическими припадками», на падставе дзвюх медычных экспертыз у 1862 і 1863 г. ён быў прызнаны «одержимым слабоумием» [23, л. 1-2 об.]. У сувязі з тым, што Ястржамбец-Дземяновіч атрымаў псіхічнае захворванне ўжо пасля жаніцьбы, кансісторыя не знайшла падставаў для скасавання шлюбу. Аднак у рашэнні духоўнага суда адзначалася: «... просительница, имеющая ныне до тридцати лет от роду не может обеспечить себя в материальном и нравственном отношении, но и доставить приличное содержание и воспитание двум малолетним детям. Основываясь на этих соображениях, не можем не признать, что по важности препятствий заслуживает некоторого права по обеспечению настоящего критического безвыходного положения». Зыходзячы з гэтага, а таксама па просьбе самой жанчыны, кансісторыя пераслала сваё рашэнне на разгляд Сінода [23, л. 8-12]. Але ж і Сінод прыйшоў да высновы, што прашэнне Е. Ястржамбец-Дземяновіч «не может подлежать удовлетворению» [23, л. 20 и об.].

*Другой падставай для прызнання шлюбу незаконным была наяўнасць роднасных альбо сваяцкіх сувязяў паміж сужэнцамі.* Гэтая норма зыходзіла з прызнання расійскім правам трох відаў роднасці: кроўнай, грамадзянскай і духоўнай. Пад кроўнай роднасцю разумелася блізкасць, якая ўзнікае ці з паходжання адной асобы ад другой, ці з паходжання абедзвюх ад агульнага роданачальніка. Духоўная роднасць узнікала ў выніку «восприемничества» падчас хрышчэння і мірапамазання, а таксама, згодна з «Кормчей книгой», здзейсненага з нагоды царкоўнага благаслаўлення ўсынаўлення і «брататварэння» ці пабрацімства. Грамадзянская роднасць вынікала з усынаўлення як грамадзянскага акта, не звязанага з царкоўнай формай. Пад сваяцтвам разумеліся адносіны блізкасці, заснаваныя на шлюбе дзвюх асоб, якія належалі да розных родаў. Вылучалася двухроднае сваяцтва, калі вызначалася сувязь аднаго сужэнца з роднымі другога або сувязь паміж роднымі мужа і жонкі, а таксама трохроднае сваяцтва, калі вызначалася сувязь паміж трыма родамі (напрыклад, паміж мачыхай і мужам падчарыцы) [1, с. 359-360; 8, с. 19-20]. Нават развод не перарываў сваяцкай сувязі паміж адным з разведзеных сужэнцаў і роднымі другога [6, с. 28]. Дзеля вызначэння ступеняў і

ліній роднасці і сваяцтва існавалі спецыяльныя прыёмы лічэння [Падрабязна аб гэтым гл.: 1, с. 361-366]. У якасці дадатка да «Законов гражданских» у томе X «Свода законов Российской империи» змяшчалася табліца «Расписание линий и степеней родства» [3, с. 20]. Так, напрыклад, кожнае нараджэнне ўтварала адну ступень: сын знаходзіўся ў роднасці да бацькі ў першай ступені, да дзеда – у другой, да прадзеда – у трэцяй і г.д. Лініі роднасці падзяляліся на сыходныя (ад бацькі да сына, унука і г.д.), узыходныя (ад сына да бацькі, дзеда і г.д.) і бакавыя (асобы не паходзілі адна ад адной, але мелі агульнага роданачальніка – браты, дзядзька, пляменнік і г.д.). У артыкуле 23 прама адзначалася: «Запрещается вступать в брак в степенях родства и свойства, церковными законами возбранённых» [3, с. 2; гл. таксама артыкул 64: 3, с. 7]. У адпаведнасці з гэтым не дазваляліся шлюбы пры наяўнасці кроўнай роднасці і двухроднага сваяцтва – да чацвёртай ступені ўключна, пры духоўнай роднасці – паміж хросным бацькам і маці ахрышчанага («воспринятого»), а таксама паміж хроснай маці і бацькам «воспринятой», пры трохродным сваяцтве – у першай ступені [1, с. 365; 8, с. 20; 10, с. 93-94]. Акрамя таго, шлюбы ў 5-ай, 6-ай і 7-ай ступенях роднасці па бакавой лініі (напрыклад, паміж стрыечным дзядзькам і пляменніцай), а таксама ў 2-ой, 3-й і 4-ай ступенях трохроднага сваяцтва ажыццяўляліся толькі са згоды епархіяльнага архірэя [1, с. 367]. Так, напрыклад, Мінская духоўная кансісторыя адмовіла селяніну Васілю Градоўцу ў прашэнні аб дазvole ўзяць шлюб з Агаф’яй Гаркуновай у сувязі з тым, што яны знаходзіліся ў трэцяй ступені двухроднага сваяцтва – Гаркунова была пляменніцай першай жонкі Градоўца [24, л. 3]. У 1900 г. духоўны суд прызнаў незаконным і несапраўдным шлюб паміж Адамам Бранавіцкім і Аленай Кунцэвіч. Яны ўзялі шлюб яшчэ ў 1892 г. Аднак у ходзе следства, якое пачалося па даносе былога псаломшчыка мясцовай царквы, высветлілася, што сужэнцы знаходзіліся ў чацвёртай ступені двухроднага сваяцтва – Кунцэвіч была пляменніцай мачахі Бранавіцкага [25, л. 64-79].

Выкананне царкоўных правілаў аб недазваленні браць шлюб у вызначаных ступенях роднасці і сваяцтва забяспечвалася крымінальным заканадаўствам. Згодна з «Уложением о наказаниях...» асобы праваслаўнага веравызнання, якія ўзялі шлюб з парушэннем гэтых правілаў, падлягалі турэмнаму зняволенню на тэрмін ад 4 да 16 месяцаў і царкоўнаму пакаянню (артыкул 1559) [19, с. 174]. Шлюб у першай і другой ступенях роднасці кваліфікаваўся як кровазмяшальніцтва. Вінаватыя прысуджаліся да пазбаўлення ўсіх правоў стану і ссылкі ў Сібір, дзе заключаліся ў турму на тэрмін ад 3 гадоў і 4 месяцаў да 6 гадоў і 8 месяцаў, пасля чаго накіроўваліся пажыццёва ў манастыр дзеля «употребления в тяжёлые работы» (артыкул 1593, 1594) [19, с. 177].

*Па-трэцяе, падставай для прызнання шлюбу незаконным было мнагажэнства ці мнагамужжа асобы.* Згодна з кананічнымі нормаў асобе, якая знаходзілася ў шлюбным саюзе, забаранялася браць новы шлюб [1, с. 356]. У адпаведнасці з гэтым, узяцце новага шлюбу «падчас існавання ранейшага» прызнавалася расійскім крымінальным правам злачынствам супраць шлюбу. «Уложение о наказаниях...» усталёўвала наступнае пакаранне за мнагашлюбнасць: у выпадку, калі асоба, якая брала шлюб, не ўтойвала ад свайго сужэнца наяўнасці першага шлюбу – пазбаўленне ўсіх правоў стану і ссылка «на жыццё» ў Сібір «са зняволеннем» на тэрмін ад аднаго да трох гадоў; калі ж асоба, «абавязаная ранейшым сужэнствам», утаіла гэта і абвясціла сябе свабоднай – пазбаўленне ўсіх правоў стану і ссылка на пасяленне ў Сібір. У абодвух выпадках прадугледжвалася і царкоўнае пакаянне (артыкул 1554) [19, с. 173]. У той жа час, і асоба, якая не была «абавязаная ранейшым сужэнствам», але свядома ўзяла шлюб з асобай, якая ўжо знаходзілася ў шлюбе, прысуджалася да пазбаўлення ўсіх правоў стану і ссылкі «на жыццё» ў Сібір «са зняволеннем» на тэрмін ад аднаго да двух гадоў і царкоўнага пакаяння (артыкул 1555) [19, с. 173]. Так, напрыклад, жыхарка Мінскага павета Феадосія Бойка, якая, не развёўшыся з першым мужам, узяла новы шлюб з арыштантам Мінскага турэмнага замка Міхаілам Балценкам, была асуджана крымінальным судом на пазбаўленне ўсіх правоў стану і ссылку на пасяленне ў Сібір [26, л. 4-7]. Пасля гэтага Мінская духоўная кансісторыя вынесла рашэнне аб прызнанні шлюбу Ф. Бойка і М. Балценка несапраўдным і незаконным [26, л. 10].

Трэба адзначыць, што абвінавачванне асобы ў мнагашлюбнасці не вяло да аўтаматычнага скасавання яе першага (законнага) шлюбу. Першы шлюб мог быць скасаваны толькі па жаданню «зняважанага» сужэнца. У выпадку, калі асоба, сужэнец якой быў абвінавачаны ў мнагашлюбнасці, падавала іск аб разводзе, шлюб скасоўваўся, а вінаватая асоба прысуджалася да пазбаўлення права на ўзяцце новага шлюбу («всегдашнее безбрачие»). Нават калі «пакрыўджаны» сужэнец не падаваў іск аб разводзе і шлюб захоўваўся, вінаватая асоба не мела права браць новы шлюб у выпадку смерці свайго сужэнца [21, ст. 222; 3, ст. 40, 41]. Калі ж абодва сужэнцы абвінавачваліся ў мнагашлюбнасці, шлюб паміж імі захоўваў законную сілу. Аднак у выпадку смерці аднаго з сужэнцаў удовая асоба пазбаўлялася права на заключэнне новага шлюбу [3, ст. 42].

*Па-чацвёртае, незаконнымі прызнаваліся шлюбныя саюзы асоб, якім, згодна з прыгаворам духоўнага суда, забаранялася браць новы шлюб.* На «всегдашнее безбрачие» асуджаліся асобы, прызнаныя вінаватымі ў пралюбадзействе (у выпадку, калі шлюб скасоўваўся па гэтай прычыне); асобы, шлюб якіх скасоўваўся па прычыне іх адсутнасці без вестак на працягу больш чым пяці год; асобы, шлюб якіх скасоўваўся па прычыне іх дашлюбнай імпатэнцыі; асобы, вінаватыя ў мнагашлюбнасці і некаторыя іншыя. У царкоўным дыскурсе распаўсюджвалася думка аб тым, што гэтая норма негатыўна ўплывала на маральнасць паствы. Асобы, асуджаныя на бяшлюбнасць, уступалі ў «незаконнае сужыццё» ці заключалі новыя шлюбы, якія потым абвяшчаліся духоўнымі судамі неспраўднымі. У сувязі з гэтым, у 1904 г. выйшаў указ Сінода, які дазваляў асобе, вінаватой у пралюбадзействе, заключаць новы шлюб пасля адбывання сямігадовай епітым'і [8, с. 117; 18, с. 131].

*Па-пятае, падставамі для прызнання неспраўднасці шлюбу закон вызначаў недасягненне ўзросту, «вызначанага Царквой для ўзяцця шлюбу», дасягненне васьмідзесяцігадовага ўзросту, а таксама ўзяцце чацвёртага шлюбу.* У Расійскай імперыі існавала два варыянты вызначэння ўзросту, з якога дазвалялася браць шлюб: царкоўны (15 год для мужчын і 13 для жанчын) і грамадзянскі (18 і 16 год адпаведна). Апошні быў усталяваны паводле ўказа Мікалая I у 1830 г. Як адзначыў І. Аршанскі, у дадзеным выпадку прававая норма, санкцыянаваная дзяржавай, павінна была замяніць царкоўную. Аднак гэта, па словах даследчыка, «... значыла бы, што государство собственной властью отменило церковную норму по брачному праву, а это кажется нашему (расийскому – А.Г.) законодательству совершенно невозможным» [2, с. 264]. У сувязі з гэтым у шлюбным праве ўсталяваўся своеасаблівы кампраміс. Недасягненне грамадзянскага узросту з'яўлялася перашкодай для здзяйснення шлюбу, свяшчэннаслужыцелям забаранялася вянчаць асоб, якія не дасягнулі грамадзянскага паўналецця [2, с. 264; 3, ст. 3]. Епархіяльныя архіярэі мелі права ў неабходных выпадках дазваляць шлюбы, калі жаніху ці нявесце заставалася не больш за паўгода да дасягнення грамадзянскага паўналецця [3, ст. 3]. Аднак у той жа час, згодна з артыкулам 37 «Законов гражданских», незаконным прызнаваўся толькі той шлюб, які заключаўся раней за царкоўнае паўналецце [3, ст. 4]. Гэта значыць, што шлюбы, заключаныя паміж асобамі, якія дасягнулі толькі царкоўнага, але не грамадзянскага паўналецця, не падлягалі ануляванню. Ва «Уставе духовных консисторий» прама адзначалася: «немедленному разлучению от сожителства» падлягалі асобы, якія ўзялі шлюб, не дасягнуўшы царкоўнага паўналецця [21, ст. 224; гл. таксама: 3, ст. 39]. Больш за тое, у артыкуле 225 удакладнялася, што асобы, якія павянчаліся, не дасягнуўшы царкоўнага паўналецця, мелі права пасля дасягнення грамадзянскага паўналецця, «працягнуць сужэнства» – пацвердзіць свой саюз у царкве «по чиноположению» [21, с. 88; гл. таксама: 3, ст. 39].

Расійскае заканадаўства вызначала і максімальны ўзрост узяцця шлюбу – 80 гадоў [3, ст. 4]. Забарона браць шлюб асобам, якія пераўзышлі васьмідзесяцігадовы ўзрост, тлумачылася тым, што «брак от Бога установленный есть для умножения рода человеческого, чего от имеющего за 80 лет надеяться весьма отчаянно» [1, с. 355]. За ўзяцце шлюбу раней ці пазней вызначанага ў «царкоўных ці грамадзянскіх законах» ўзросту сужэнцы, а таксама іх бацькі ці апекуны, якія далі згоду на шлюб, падлягалі крымінальнаму пакаранню: зняволенню ў турму на тэрмін ад двух да чатырох месяцаў ці арышту на тэрмін ад трох тыдняў да трох месяцаў [19, ст. 1563]. Святар, які павянчаў гэтых асоб, падлягаў

дысцыплінарнай адказнасці [19, ст. 1574]. Гэтак, Мінская духоўная кансісторыя пакарала ссылкай у манастыр на месяц і 8 дзён святара Бабчыцкай царквы Рэчыцкага павета В. Шахновіча за тое, што ён павянчаў селяніна, якому да 18-гадовага ўзросту не хапала двух месяцаў і шаснаццаці дзён [27, л. 31 і об.].

Узяцце асобамі праваслаўнага веравызнання чацвёртага па ліку шлюбу забаранялася артыкулам 21 «Законов гражданских» [3, с. 2]. Напрыклад, у жніўні 1864 г. Мінская духоўная кансісторыя вынесла наступнае рашэнне: «Анне Петровой, вдове по силе третьего брака, вступление в четвёртый брак не может быть разрешено по силе 21 ст. книги 1 тома 10 («Свода законов Российской империи» – А. Г.)» [28, л. 1]. Выкананне дадзенай нормы забяспечвалася крымінальным заканадаўствам. Згодна з «Уложением о наказаниях...», асобы праваслаўнага веравызнання за ўзяцце чацвёртага шлюбу падлягалі турэмнаму зняволенню на чатыры месяцы і царкоўнаму пакаянню (артыкул 1564) [19, с. 174]. Як адзначыў М. Сувораў, у агульны лік трох дазволеных шлюбаў духоўныя суды ўключалі не толькі скасаваныя шлюбы, але і шлюбы, прызнаныя несапраўднымі. Царква матывавала гэта тым, што таінства (вянчанне) здзяйснялася і падчас заключэння незаконных шлюбаў [1, с. 357].

*Па-шостае, незаконнымі прызнаваліся шлюбныя саюзы «манаствующих», а таксама асобаў, пасвечаных у іерэйскі ці дыяканскі сан.* Згодна з царкоўнымі канонамі, манахі прымалі зарок бяшлюбнасці. Асобы, якія мелі намер прыняць свяшчэннаслужыцельскі сан, павінны былі ажаніцца да пасвячэння. У адваротным выпадку яны пазбаўляліся права на ўзяцце шлюбу [гл. аб гэтым: 11, с. 108].

*Па-сёмае, незаконнымі прызнаваліся шлюбы асобаў праваслаўнага веравызнання з нехрысціянамі.* Згодна з крымінальным заканадаўствам, асоба, якая ўзяла шлюб з нехрысціянінам, падлягала турэмнаму зняволенню на чатыры месяцы і царкоўнаму пакаянню (артыкул 1564) [19, с. 174]. Аднак у выпадку, калі сужэнец-нехрысціянін прымаў хрысціянства ўжо пасля ўзяцця шлюбу з асобай праваслаўнага веравызнання, гэтая справа разглядалася духоўным судом у «асаблівым парадку» згодна з «царкоўнымі пастановамі» [3, ст. 37]. Такім чынам, шлюб мог быць прызнаны сапраўдным.

У гэтым кантэксце неабходна закрануць пытанне аб размеркаванні кампетэнцыі паміж духоўнымі і свецкімі судамі па справах аб незаконных шлюбах. Па-першае, у шэрагу выпадкаў разгляду справы ў свецкім судзе папярэднічаў суд духоўны. Напрыклад, справы аб здзяйсненні шлюбу ў блізкіх ступенях роднасці і сваяцтва, шлюбе праваслаўных з нехрысціянамі, аб узяцці чацвёртага шлюбу спачатку разглядаліся ў духоўным судзе, які выносіў рашэнне аб незаконнасці і несапраўднасці гэтых шлюбаў. Затым духоўная інстанцыя перадавала справу ў крымінальны суд, дзе разглядаўся адпаведны састаў крымінальнага злачынства [29, ст. 1014, 1015]. Па-другое, перад тым, як распачаць разгляд спраў аб мнагашлюбнасці і кровазмяшэнні, свецкі суд звяртаўся ў духоўны дзеля атрымання звестак аб існаванні іншага шлюбу ці аб наяўнасці такой ступені роднасці альбо сваяцтва, якая кваліфікуецца як кровазмяшэнне [29, ст. 1113]. Пасля вынясення прыговору крымінальнага суда, справа зноў вярталася ў духоўны суд дзеля прызнання шлюбу незаконным, прызначэння вінаватым епітым'і і пакарання духоўных асоб, што павянчалі гэты шлюб. Па-трэцяе, у некаторых выпадках прыговор крымінальнага суда паведамляўся царкоўнаму для рашэння аб сапраўднасці ці несапраўднасці шлюбу, для вызначэння адказнасці духоўных асоб, якія зарэгістравалі незаконны шлюб. Гэта справы аб шлюбах, здзейсненых з дапамогай гвалту, падману, аб узяцці шлюбу псіхічнахворымі асобамі [29, ст. 1012; аб узаемадзеянні духоўных і свецкіх судов гл.: 1, с. 281-282; 2, с. 232-235].

Гэтая схема размеркавання кампетэнцыі паміж свецкімі і духоўнымі судамі абумоўлівала надзвычайную забюракратызаванасць і забытанасць судовага працэсу. Часам высвятленне пытанняў аб прыналежнасці той ці іншай справы свецкаму альбо духоўнаму суду прыводзіла да кур'ёзных выпадкаў. Так, 14 кастрычніка 1863 г. Мінскі крымінальны суд перадаў у Мінскую духоўную кансісторыю справу аб двужэнстве жыхара Навагрудка Ф. Бейера. У рашэнні крымінальнага суда адзначалася, што справы аб мнагашлюбнасці «подлежат ведомству духовных правительств», і толькі пасля вынясення рашэння духоўнага суда справа павінна перадавацца ў свецкі суд для пакарання злачынцы згодна з «Уложением о

наказаніях...» [30, л. 1]. Аднак кансісторыя, у сваю чаргу, 29 кастрычніка 1863 г. паставіла: у сувязі з тым, што справы аб мнагашлюбнасці належаць свецкім крымінальным судам, перадаць справу аб злачынстве Ф. Бейера ў ведамства крымінальнага суда [30, л. 3 об.].

Такім чынам, на беларускіх землях, як і ў іншых рэгіёнах імперыі, парадак узяцця шлюбу асобамі праваслаўнага веравызнання рэгуляваўся нормаў царкоўнага права Рускай праваслаўнай царквы. У сувязі з гэтым у імперскім праве адбылася інкарпарацыя кананічных нормаў у сферу цывільнага заканадаўства. Гэтыя нормы змяшчаліся, перад усім, у «Законах гражданских» і «Уставе духовных консисторий». У гэтых заканадаўчых актах рэгламентавалася царкоўная працэдура заключэння шлюбу («оглашение», «обыск», «венчание»), падаваўся шэраг умоў, невыкананне якіх лічылася падставай для прызнання шлюбу незаконным.

**Резюме.** В статье рассматривается применение норм церковного права в регулировании порядка заключения браков лицами православного вероисповедания на белорусских землях во второй половине XIX – начале XX в. Автор приходит к выводу о том, что в имперском праве произошла инкорпорация канонических норм в сферу гражданского законодательства. В российском законодательстве регламентировалась церковная процедура заключения брака, давался ряд условий, невыполнение которых считалось основанием для признания брака незаконным.

**Abstract.** In this article is treated the application of the ecclesiastic law in the regulation of marriage on the territory of Belarus during the second half of the XIX – beginning of the XX centuries. The author deducts a conclusion, that there has been incorporation of some canonical norms in the civil legislation. In the Russian legislation was regulated the ecclesiastical marriage, there was given a list of conditions, the missed fulfillment of which could be a basis to consider a marriage not valid.

### Літаратура

1. Суворов, Н. Учебник церковного права / Н. Суворов. – М., 1912. – 531 с.
2. Оршанский, И.Г. Исследования по русскому праву обычному и брачному / И.Г. Оршанский. – СПб, 1879. – 456 с.
3. Законы гражданские // Свод законов Российской империи: в 16 т. – СПб, 1900. – Т. 10. Ч. 1.
4. Победоносцев, К. Курс гражданского права: в двух частях. – СПб, 1896. – Часть вторая: Права семейственные, наследственные и завещательные. – 676 с.
5. Горчаков, М. О тайне супружества / М. Горчаков. – СПб, 1880. – 384 с.
6. Григоровский, С. О разводе. Причины и последствия развода и бракоразводное судопроизводство. Историко-юридические очерки / С. Григоровский. – СПб, 1911. – 344 с.
7. Загоровский, А. О разводе по русскому праву / Загоровский А. – Харьков, 1884. – 490 с.
8. Загоровский, А.И. Курс семейного права / А.И. Загоровский; под ред. В.А. Томсинова. – М.: «Зерцало», 2003. – 464 с.
9. Латкин, В.Н. Учебник истории русского права периода империи (XVIII – XIX ст.) / В.Н. Латкин. – СПб, 1908. – 644 с.
10. Клочков, В.В. Закон и религия (от государственной религии в России к свободе совести в СССР) / В.В. Клочков. – М.: Политиздат, 1982. – 160 с.
11. Римский, С.В. Российская церковь в эпоху Великих реформ (Церковные реформы в России 1860 – 1870-х годов) / С.В. Римский. – М.: Крутицкое Патриаршее Подворье, 1999. – 567 с.
12. Журавлёва, О.М. Церковно-судебная практика в Московской епархии в первой половине XIX века / О.М. Журавлёва // Православие: Конфессия, институты, религиозность (XVII – XX вв.) Сборник научных работ / Под ред. М. Долбилова, П. Рогозного. – СПб.: Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2009. – (Серия «Источник. Историк. История»; Вып. 6). – С. 105 – 121.

13. Веремєнко, В.А. Эволюция дворянской семьи в условиях модернизации России (вторая половина XIX – начало XX в.): автореферат диссертации ... доктора исторических наук: 07.00.02 / В.А. Веремєнко; Российский государственные педагогический университет им. А.И. Герцина. – СПб., 2007. – 50 с.
14. Веремєнко В.А. Межконфессиональные браки в России во второй половине XIX – начале XX в. / В.А. Веремєнко // Гендер и общество в истории / Под ред. Л.П. Репиной [и др.]. – СПб: Алатейя, 2007. – С. 202 – 241.
15. Лиценбергер, О.А. Римско-католическая и евангелическо-лютеранская церкви в России: сравнительный анализ взаимоотношений с государством и обществом (XVIII – нач. XX в.): автореферат диссертации ... доктора исторических наук: 07.00.02 / О.А. Лиценбергер; Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского. – Саратов, 2005. – 38 с.
16. Лиценбергер, О.А. Применение норм семейного права Римско-католической церкви в Российской империи // Религия и право. – 2003. – № 1. – С. 34-37.
17. Freze, G.L. Brining Order to the Russian Family: Marriage and Divorce in Imperial Russia, 1760-1860 / G.L. Freze // Journal of Modern History. – 1990. – Vol. 62. – P. 709-748.
18. Фриз, Г. Мирские нарративы о Священном таинстве: Брак и развод в позднейимперской России / Г. Фриз // Православие: Конфессия, институты, религиозность (XVII – XX вв.) Сборник научных работ / под ред. М. Долбилова, П. Рогозного. – СПб.: Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2009. – (Серия «Источник. Историк. История»; Вып. 6). – С. 122 – 175.
19. Уложение о наказаниях уголовных и исправительных // Свод законов Российской империи: в 16 т. – СПб, 1885. – Т. 15.
20. Дело о наложении епитимии на священника Сторожовецкой церкви Мозырского уезда Ф. Струковского за нарушение обряда венчания // Нацыянальны гістарычны архіў Беларусі ў г. Мінску (НГАБ у г. Мінску). – Фонд 136. – Воп. 1. – Спр. 36601.
21. Устав духовных консисторий. – СПб, 1857. – 134 с.
22. Прощение жены бывшего начальника Пинской инвалидной команды А. Закоменной от 23 января 1863 г. о расторжении брака в связи с жестоким обращением мужа // НГАБ у г. Мінску. – Фонд 136. – Воп. 1. – Спр. 30063.
23. Дело о расторжении брака между И. Ястржембцем-Демяновичем и Е. Старатанович в связи с болезнью первого // НГАБ у г. Мінску. – Фонд 136. – Воп. 1. – Спр. 30154.
24. Дело по прошению крестьянина имения Сулла Минского уезда В. Градовца о разрешении вступить в брак с А. Горкуновой, состоящей с ним в родстве // НГАБ у г. Мінску. – Фонд 136. – Воп. 1. – Спр. 30273.
25. Дело по обвинению священника Горковской церкви Бобруйского уезда Т. Мацкевича в венчании прихожан, состоящих в четвёртой степени родства // НГАБ у г. Мінску. – Фонд 136. – Воп. 1. – Спр. 36610.
26. Дело по обвинении дочери рядового жительницы Минского уезда Ф. Бойко во вступлении во второй брак при жизни первого мужа // НГАБ у г. Мінску. – Фонд 136. – Воп. 1. – Спр. 34346.
27. Дело по обвинению священника Бабчицкой церкви Речицкого уезда В. Шахновича в венчании несовершеннолетнего прихожанина И. Никитенко // НГАБ у г. Мінску. – Фонд 136. – Воп. 1. – Спр. 30208.
28. Постановление консистории от 28 августа 1864 г. о запрещении жительнице Речицкого уезда вдове А. Петровой вступить в четвёртый брак // НГАБ у г. Мінску. – Фонд 136. – Воп. 1. – Спр. 30869.
29. Устав уголовного судопроизводства // Свод законов Российской империи: в 16 т. – СПб., 1876. – Т. 15. Ч. 2.
30. Дело по обвинению отставного квартирмейстера Уланского полка жителя г. Новогрудка Ф. Бейера в двоеженстве // НГАБ у г. Мінску. – Фонд 136. – Воп. 1. – Спр. 30548.

УДК 347.27:336.763.3:336.77(476)

## Правовое обеспечение использования ипотечных облигаций как инструмента рефинансирования в белорусской системе ипотечного кредитования: состояние и направления совершенствования

В. Г. СКУРАТОВ

### Введение

Ипотечное кредитование как механизм финансирования строительства, реконструкции или приобретения жилья имеет особое значение для экономики многих государств. Его развитие рассматривается в Республике Беларусь в качестве одного из средств достижения целей и задач по реализации приоритетов социально-экономического развития на долгосрочную перспективу. Ипотечное кредитование основано на двух взаимосвязанных и взаимодополняющих элементах: на кредитовании под залог недвижимого имущества и механизме рефинансирования (финансирования) кредитных учреждений, предоставляющих ипотечные кредиты. Одним из основных инструментов рефинансирования в системе ипотечного кредитования являются ипотечные ценные бумаги. Однако, несмотря на особую важность механизма рефинансирования в системе ипотечного кредитования в белорусских научных публикациях правовому режиму этих ценных бумаг уделено недостаточно внимания.

Основной целью настоящей работы является разработка предложений по изменению и дополнению белорусского законодательства, направленных на повышение надежности и инвестиционной привлекательности ипотечных облигаций как инструмента рефинансирования в системе ипотечного кредитования.

### Эмиссия ипотечных облигаций

Эмиссия и размещение ипотечных облигаций имеет свои особенности, что обусловлено повышенным социальным значением института ипотечного жилищного кредитования с использованием в нем в качестве инструмента рефинансирования (финансирования) ценных бумаг, а также особым порядком организации исполнения эмитентом своих обязательств по этим ценным бумагам. Кроме того, специальные правила выпуска ипотечных облигаций обусловлены тем, что эмиссия этих фондовых инструментов является частным случаем секьюритизации как структурированной сделки, которая преобразовывает регулярные потоки платежей, возникающие при обслуживании финансовых активов в обязательства, выраженные в обращающихся ценных бумагах, обеспечением которых служат те же самые финансовые активы [1, с. 68; 2, с. 32].

Одной из особенностей эмиссии ипотечных облигаций в системе ипотечного жилищного кредитования является формирование ипотечного покрытия, основой которого являются права требования по ипотечным кредитам на строительство (реконструкцию) или приобретение жилья. При этом в целях обеспечения доступности ипотечного кредитования для широких слоев населения ипотечные кредиты не должны быть «дорогими». Соответственно, с точки зрения доходности ипотечные облигации могут уступать другим категориям облигаций. Привлекательность ипотечных облигаций для инвесторов может быть обеспечена посредством правового закрепления повышенного уровня защиты прав и интересов инвесторов по сравнению с правами инвесторов обычных облигаций.

В научных работах по вопросам развития ипотечного кредитования авторами обосновываются различные предложения по совершенствованию законодательства, прямо или кос-

венно касающиеся защиты прав и интересов инвесторов при инвестировании в ипотечные ценные бумаги. Ю. Туктаров, Г. Суворов, В. Фесенко, А. Семенов, Б. Фридман особый акцент делают на изменении законодательства об ипотечных ценных бумагах и об инвестировании в эти фондовые инструменты. Е. С. Ем, А. А. Киселев, К. А. Яценков, А. А. Трусов подчеркивают важность совершенствования законодательства о залоге недвижимого имущества как способе обеспечения обязательств, положенных в основу ипотечных ценных бумаг (в том числе о залладных). О. В. Шелков, Б. В. Сорвилов, Н. В. Бонцевич, Э. И. Петровичев, С. А. Мартынов инвестирование в ипотечные ценные бумаги и соответственно вопросы защиты прав инвесторов рассматривают в контексте правового обеспечения функционирования системы ипотечного кредитования, в том числе закрепления на законодательном уровне положения ипотечных банков, введения отдельных видов обязательного страхования, налоговых льгот и т. д. Однако в этих предложениях недостаточно внимания уделяется вопросу совершенствования правил, обеспечивающих своевременность исполнения обязательств эмитента по ипотечным облигациям на этапе их эмиссии. При этом правовое закрепление таких правил имеет особое значение в связи с тем, что наибольший объем средств в эти фондовые инструменты в мировой практике инвестируют пенсионные фонды, страховые компании, банки, управляющие и инвестиционные компании, деятельность которых затрагивает интересы как широких слоев населения, так и государства в целом [3, с. 48].

В соответствии с законодательством Республики Беларусь, в основу защиты прав инвесторов при эмиссии ипотечных облигаций положен норматив соответствия объема находящихся в обращении облигаций размеру основной суммы долга обязательств по кредитным договорам. Так, согласно нормам Указа Президента Республики Беларусь от 28 августа 2006 г. № 537, Постановления Совета Министров Республики Беларусь и Национального банка Республики Беларусь от 29 декабря 2006 г. № 1753/22, эмиссия ипотечных облигаций на любую дату до их погашения (досрочного погашения) не должна превышать 70 процентов основной суммы долга по кредитам на жилищное строительство [4; 5]. Под эмиссией (объемом находящихся в обращении облигаций) в данном случае понимается совокупная номинальная стоимость таких ценных бумаг. При этом, если не использовать «избыточного» обеспечения, буквальное понимание вышеуказанного норматива означает, что при уменьшении основной суммы долга по кредитным договорам соответственно должен уменьшаться объем находящихся в обращении ипотечных облигаций. Учитывая, что исполнение обязательств по возврату основной суммы долга по ипотечным кредитам (в частности по кредитам на покупку, строительство или реконструкцию жилья) осуществляется, как правило, ежемесячно, то через месяц должна быть погашена первая часть выпуска ипотечных облигаций, через два месяца – вторая, через три – третья и т.д. Однако такое деление выпуска облигаций является экономически необоснованным. Кроме того, указанный норматив не учитывает соотношения размера процентов по ипотечным кредитам и размера процентов по ипотечным облигациям, обеспеченным правом требования по таким кредитам, а также сроков исполнения обязательств по кредитам и сроков исполнения обязательств эмитента по ипотечным облигациям, что отрицательно влияет на защиту прав инвесторов.

На основании вышеизложенного для определения допустимого объема эмиссии ипотечных облигаций более целесообразным является правовое закрепление и использование норматива соотношения размера обязательств по ипотечным облигациям и размера обязательств по кредитам, обеспечивающим такие облигации, а также требования о согласованности сроков по этим обязательствам. В данном случае в размер обязательств по кредитам должны включаться как сумма основного долга, так и сумма процентов по кредитным договорам, а в размер обязательств по ипотечным облигациям – номинальная стоимость облигаций и доход по ним. Под согласованностью сроков должно пониматься правило, в соответствии с которым сумма платежей, которые должны поступить по обязательствам, право требования по которым составляет ипотечное покрытие, на любую дату до погашения ипотечных облигаций должна быть достаточна для выполнения обязательств по таким облигациям и покрытия расходов банка-эмитента, связанных с выпуском ипотечных облигаций и обслуживанием активов, составляющих ипотечное покрытие.

Для закрепления в действующем законодательстве Республики Беларусь вышеуказанного норматива часть 2 подпункта 1.1 Указа Президента Республики Беларусь от 28 августа 2006 года № 537 необходимо изложить в следующей редакции:

«Размер обязательств по облигациям к моменту подачи документов для их государственной регистрации не должен превышать 70 процентов размера обязательств по кредитам на жилищное строительство. Регулярность и размер платежей в счет исполнения обязательств по кредитам на жилищное строительство должны обеспечивать надлежащее исполнение обязательств эмитента по облигациям».

Соблюдение этих требований при формировании ипотечного покрытия в рамках эмиссии ипотечных облигаций обеспечит получение инвесторами надлежащего исполнения эмитентом обязательств по ипотечным облигациям, что положительно отразится на уровне защиты прав инвесторов.

Следует обратить внимание, что для учета интересов различных групп инвесторов, а также обеспечения согласованности размеров и сроков выплат по ипотечным облигациям и поступлений по активам, составляющим ипотечное покрытие, в соответствии с законодательством зарубежных государств, в которых получил развитие рынок ипотечного кредитования, допускается эмиссия нескольких выпусков (траншей) ипотечных облигаций с разными условиями (характеристиками), обеспеченных одним ипотечным покрытием [7, с. 66; 8, с. 27]. О такой возможности, в частности, указывается в российском [9, пп. 6.7.1.4] и в украинском законодательствах. Механизм транширования получил применение в государствах с развитой двухуровневой системой ипотечного кредитования. Так, с 1981 года в США в качестве инструмента рефинансирования начали использовать сложные ценные бумаги с фиксированным доходом – облигации (collateralized mortgage obligation, CMO), обеспеченные портфелем ипотек, которые отличались от предыдущих ценных бумаг тем, что выпускались несколькими траншами [10, с. 62; 11, с. 37]. Как отмечает Ф. Дж. Фабоцци, CMO были созданы для более гибкого управления координацией активов и пассивов институциональных инвесторов [12, с. 24]. Преимуществом данной категории ипотечных ценных бумаг было то, что вследствие деления на классы (транши) отодвигались риски досрочного погашения ипотечного кредита (и, соответственно, уменьшалась существующая нестабильность будущих поступлений по финансовым инструментам), в связи с чем степень доходности бумаги была пропорциональна степени удаленности рисков [13, с. 216].

В белорусском законодательстве транширование выпуска облигаций предусмотрено только в отношении открытой (закрытой) продажи этих ценных бумаг. Однако транши в данном случае отличаются друг от друга датами начала и окончания продажи облигаций [6, п. 76], а не доходностью и другими характеристиками, что с одной стороны не позволяет учитывать интересы различных групп инвесторов, а с другой – наиболее эффективно управлять потоком денежных средств, поступающих от активов, составляющих ипотечное покрытие. Для устранения данного пробела п. 76 Инструкции о порядке выпуска и государственной регистрации ценных бумаг, утвержденной постановлением Комитета по ценным бумагам при Совете Министров Республики Беларусь от 11 апреля 2006 года № 09/П (в редакции постановления Министерства финансов Республики Беларусь от 19 ноября 2007 года № 168), необходимо дополнить положением, согласно которому эмиссия ипотечных облигаций, обеспеченных одним ипотечным покрытием, может осуществляться несколькими траншами, отличающимися сроком обращения и размером дохода. Такая структура выпуска позволит увеличить доходность облигаций соразмерно увеличению срока их обращения, что будет стимулировать инвестирование в ипотечные облигации с более продолжительным сроком обращения.

В соответствии с частью 3 п. 2 Порядка выпуска, обращения и погашения облигаций, выпускаемых банками, форма выпуска ипотечных облигаций – бездокументарная (в виде записи на счетах). Однако данная норма явилась одной из причин эмиссии ипотечных облигаций белорусскими банками, главным образом, для юридических лиц и косвенно ограничила право банков на эмиссию ипотечных облигаций для размещения среди физических лиц. Так, в течение 2007-2009 годов для размещения среди субъектов хозяйствования (юридических лиц и индивидуальных предпринимателей) банки в Республике Беларусь осуществили 32

выпуска ипотечных облигаций, общий объем эмиссии которых достиг 588 млрд. рублей. Ипотечные облигации для физических лиц не выпустил ни один из банков. При этом банками, осуществившими эмиссию ипотечных облигаций, за 2007-2009 годы было выпущено облигаций в документарной форме для физических лиц в совокупном объеме, превысившим в эквиваленте 529 млрд. рублей. Одной из причин неосуществления белорусскими банками эмиссии ипотечных облигаций для физических лиц может рассматриваться отсутствие у этих банков опыта по выпуску и размещению среди данной группы инвесторов ценных бумаг в бездокументарной форме. Необходимо также отметить, что, согласно статистическим данным, на рублевых депозитах физических лиц на август 2009 года было размещено 7270,2 млрд. рублей [14, с. 80], которые при благоприятных условиях могут быть направлены на приобретение ипотечных облигаций. В связи с изложенным целесообразно часть 3 п. 2 Порядка выпуска, обращения и погашения облигаций, выпускаемых банками, исключить. Такое изменение расширит возможности банков по эмиссии ипотечных облигаций, что увеличит приток средств, необходимых для развития системы ипотечного жилищного кредитования.

### **Ипотечное покрытие**

В соответствии с требованиями белорусского законодательства обеспечением ипотечных облигаций являются только обязательства юридических и (или) физических лиц по возврату основной суммы долга и уплате процентов по предоставленным банками-эмитентами кредитам на строительство, реконструкцию или приобретение жилья под залог недвижимости (ипотечным кредитам). При этом в отношении таких обязательств установлены специальные требования. Так, в частности, при выпуске ипотечных облигаций не учитываются обязательства по кредитным договорам, в отношении которых:

- законодательством предусмотрена отсрочка их исполнения (на время предоставления отсрочки);
- срок неисполнения составляет более чем три месяца;
- утрачен предмет залога;
- вступило в законную силу решение суда о признании недействительным или прекращении по иным основаниям права залога на недвижимое имущество;
- должник по обеспеченному залогом недвижимости обязательству признан экономически несостоятельным (банкротом) в порядке, установленном законодательством об экономической несостоятельности (банкротстве);
- срок кредитного договора истекает менее чем через 12 месяцев после даты погашения облигаций.

Однако остаются неурегулированными норматив соотношения размера основного долга по кредиту и стоимости предмета ипотеки, направления и прядок использования банком-эмитентом средств, поступающих в счет погашения ипотечных кредитов, а также возможность включения в состав ипотечного покрытия активов иных, чем обязательства по ипотечным кредитам, что влияет на надежность ипотечных облигаций и, соответственно, на уровень защиты прав инвесторов.

Следует отметить, что состав обеспечения по ипотечным облигациям не может быть абсолютно неизменным в связи с возможностью досрочного погашения входящих в него ипотечных кредитов или обращения взыскания на заложенное имущество. В белорусском законодательстве, регулирующем порядок выпуска ипотечных облигаций, должна быть закреплена норма, согласно которой в случае досрочного погашения части ипотечных кредитов, входящих в состав обеспечения ипотечных облигаций (обращения взыскания на заложенное имущество), банк-эмитент обязан разместить полученные средства в другие активы, которые с достаточной надежностью обеспечивали бы обязательства по этим ипотечным облигациям. В первую очередь это может быть замена обязательств по досрочно исполненным кредитным договорам обязательствами по другим ипотечным кредитам или приобретение прав требования по таким кредитам у другого банка. В случае невозможности такой замены,

в отличие от требований ч. 2 п. 9 Порядка выпуска обращения и погашения облигаций, выпускаемых банками, законодательно должно быть предусмотрено право банка-эмитента на размещение денежных средств, полученных от реализации предмета ипотеки или в связи с досрочным погашением кредита, на банковские счета (вклады) либо использование таких средств на приобретение государственных ценных бумаг. Кроме того, в законодательстве должна быть закреплена норма, согласно которой в состав ипотечного покрытия входят денежные средства, поступившие в счет исполнения обязательств по активам, составляющим такое покрытие, до использования их банком-эмитентом для исполнения обязательств по находящимся в обращении ипотечным облигациям. Информация о составе ипотечного покрытия и его изменении должна публиковаться банком-эмитентом в республиканских печатных средствах массовой информации, являющихся официальными изданиями, размещаться на официальных страницах в глобальной компьютерной сети Интернет.

Активы банка, являющиеся покрытием по ипотечным облигациям, в целях гарантии прав инвесторов должны быть выделены из имущества банка-эмитента и переведены на отдельный учет. При этом такое требование не является идентичным требованию о формировании и ведении реестра обязательств по кредитным договорам, закрепленному в п. 10 Порядка выпуска, обращения и погашения облигаций, выпускаемых банками.

Выделение и отдельный учет активов, обеспечивающих обязательства по ипотечным облигациям, предоставит возможность:

- осуществления надлежащего контроля над составом обеспечения;
- сохранения обеспечения по находящимся в обращении ипотечным облигациям при ликвидации (в том числе банкротстве) банка-эмитента;
- исполнения обязательств по находящимся в обращении ипотечным облигациям вне зависимости от финансового положения банка-эмитента.

Кроме того, в целях повышения надежности ипотечных облигаций в законодательстве должны быть закреплены нормы, ограничивающие использование (расходование) активов, составляющих ипотечное покрытие, на цели, не связанные с исполнением обязательств по ипотечным облигациям, обеспеченным таким покрытием. При этом выделению и отдельному учету подлежит каждое покрытие, к которому юридически привязан один или несколько выпусков ипотечных облигаций.

### **Обращение ипотечных облигаций**

На привлекательность ипотечных облигаций для инвесторов влияет ликвидность этих ценных бумаг, что непосредственно связано с организацией их обращения на вторичном рынке ценных бумаг.

Согласно действующему законодательству Республики Беларусь, в отношении ипотечных облигаций предусмотрена возможность совершения сделок купли-продажи только через торговую систему ОАО «Белорусская валютно-фондовая биржа» [5, п. 15]. При этом биржевой порядок купли-продажи ипотечных облигаций должен иметь особенности с точки зрения как допуска их к обращению на бирже (листинга), так и раскрытия информации биржей и эмитентом в отношении обеспечения этих ценных бумаг.

В соответствии с Правилами листинга ценных бумаг в ОАО «Белорусская валютно-фондовая биржа», особенностью листинга и поддержания ипотечных облигаций в котировальном листе того или иного уровня является указание при оформлении анкеты ценной бумаги на то, что эти облигации относятся к категории ипотечных [15]. Остальные требования, касающиеся листинга (делистинга) ипотечных облигаций, не отличаются от требований к допуску к торговле на бирже обычных облигаций банков и небанковских кредитно-финансовых организаций. Однако в данном случае не учитывается тот факт, что инвесторов больше интересует не финансовое состояние эмитента, показатели которого положены в основу включения ценных бумаг в котировальный лист соответствующего уровня, а состав покрытия ипотечных облигаций и, соответственно, возможность эмитента с использованием такого покрытия выполнять

свои обязательства по этим ценным бумагам. Такое утверждение основано на том, что общий объем эмиссии ипотечных облигаций и, соответственно, размер обязательств банка-эмитента по этим ценным бумагам не зависит от размера нормативного капитала такого банка, а связан только с размером и характеристиками ипотечного покрытия.

Применение к ипотечным облигациям общих условий листинга не позволяет в полной мере решать такие важные задачи (функции) листинга, на которые указывают В. А. Галанов, А. И. Басов, Ю. Цвирко, Р. Ю. Тихонов, Ю. Р. Тихонов, как выявление наиболее надежных и качественных ценных бумаг; повышение «прозрачности» рынка ценной бумаги, прошедшей листинг; защита законного интереса инвестора на надежность размещения капитала. Кроме того, в данном случае для фондовой биржи осложняется выполнение функций по снижению рисков при совершении операций на рынке ценных бумаг и обеспечению повышенной (по сравнению с внебиржевым рынком) защиты прав инвесторов, особое значение которых подчеркивают российские исследователи Н. Г. Доронина и Н. Г. Семилютина.

Соблюдение требований законодательства Республики Беларусь, регулирующего порядок эмиссии ипотечных облигаций, согласно которому эмитентами этих ценных бумаг могут выступать только банки, осуществляющие в установленном порядке привлечение во вклады средств физических лиц и, соответственно, имеющие нормативный капитал в размере эквивалентном не менее 25,0 млн. евро и характеризующиеся устойчивым финансовым положением, обеспечило с учетом действующих Правил листинга ценных бумаг в ОАО «Белорусская валютно-фондовая биржа» включение ипотечных облигаций в котировальный лист «А» первого уровня [4, пп. 1.1; 5, п. 2; 16, ст. 94; 17, п. 67; 15, п. 9]. При этом были учтены характеристики эмитентов, а не надежность ипотечных облигаций, что в свою очередь нарушило принцип распределения ценных бумаг по котировальным листам разного уровня.

Таким образом, в связи с тем, что при определении качества и надежности ипотечных облигаций особое значение имеют не все активы эмитента, а определенная имущественная масса (ипотечное покрытие), для этих ценных бумаг необходимы иные, чем для акций и обычных облигаций банков, правила листинга. При этом, обращаясь к вопросам биржевого контроля в отношении эмитента ипотечных облигаций, необходимо отметить, что в данном случае такой контроль должен осуществляться, главным образом, не за активами эмитента, а за имущественной массой, которая составляет ипотечное покрытие.

Следует обратить внимание, что установление только биржевого порядка обращения ипотечных облигаций значительно осложняет их продажу и приобретение инвесторами – физическими лицами на вторичном рынке ценных бумаг, что, в частности, объясняется необходимостью заключения нескольких связанных с куплей-продажей договоров, ограниченностью времени совершения таких сделок, а также дополнительными расходами по оплате услуг брокеров. При этом, если для инвесторов – юридических лиц, осуществляющих инвестиционную деятельность на рынке ценных бумаг, перечисленные сложности являются «обычными», то для физических лиц, не являющихся индивидуальными предпринимателями, они могут рассматриваться как фактор, отрицательно влияющий на инвестиционную привлекательность ипотечных облигаций.

В связи с вышеизложенным для совершения сделок купли-продажи ипотечных облигаций между физическими лицами в законодательстве целесообразно закрепить внебиржевого порядка. При этом совершение сделок купли-продажи ипотечных облигаций на предъявителя, выпускаемых в документарной форме, должно регулироваться общими нормами о сделках, закрепленными в главе 9 Гражданского кодекса Республики Беларусь [18]. На порядок совершения между физическими лицами сделок с ипотечными облигациями в бездокументарной форме должны распространяться требования Инструкции о порядке совершения сделок с ценными бумагами на территории Республики Беларусь, утвержденной постановлением Министерства финансов Республики Беларусь от 12.09.2006 г. № 112 [19].

Совершение сделок купли-продажи ипотечных облигаций с участием юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (в том числе если одна из сторон сделки – физическое лицо, не являющееся индивидуальным предпринимателем) должно осуществляться через торговую систему ОАО «Белорусская валютно-фондовая биржа». Такое требование в на-

стоящее время закреплено в п. 15 Порядка выпуска, обращения и погашения облигаций, выпускаемых банками. При этом порядок совершения и оформления сделок с ипотечными облигациями на биржевом рынке должен устанавливаться биржей по согласованию с Департаментом по ценным бумагам Министерства финансов Республики Беларусь.

### **Погашение ипотечных облигаций**

Особенностью погашения ипотечных облигаций является то, что оно должно осуществляться за счет средств, поступающих от активов, составляющих ипотечное покрытие. Это требование необходимо рассматривать как одно из основных условий формирования ипотечного покрытия при эмиссии ипотечных облигаций.

В соответствии с общими нормами законодательства, погашение ипотечных облигаций, как и иных облигаций банков, в зависимости от формы выпуска может осуществляться путем перечисления в установленный срок денежных средств на счет инвестора или выплаты инвестору денежных средств в наличной форме. При этом погашение бездокументарных облигаций осуществляется эмитентом в отношении лиц, указанных в реестре владельцев облигаций, на дату, определенную решением о выпуске облигаций и проспектом эмиссии, а облигаций на предъявителя – по предъявлении этих облигаций независимо от сроков их обращения. Досрочное погашение облигаций, приобретение облигаций эмитентом до даты начала их погашения осуществляются в порядке, определенном решением о выпуске облигаций и проспектом эмиссии [6, п. 76].

В отношении ипотечных облигаций должны быть установлены дополнительные основания их досрочного погашения. В действующем законодательстве Республики Беларусь таким основанием является недостаточность у банка-эмитента соответствующих обязательств по кредитным договорам для замены активов, исключенных из состава ипотечного покрытия [5, п. 9]. При этом банк-эмитент «принимает меры по досрочному погашению облигаций», а не обязан произвести такое погашение. В данном случае права инвесторов остаются недостаточно защищенными, так как «принятие» указанных мер может и не привести к досрочному погашению ипотечных облигаций, и на фондовом рынке появятся недостаточно обеспеченные ипотечные ценные бумаги. В связи с изложенным несоответствие ипотечного покрытия предъявляемым законодательством требованиям должно рассматриваться для владельцев ипотечных облигаций как основание права требовать от эмитента досрочного погашения таких облигаций.

Кроме того, если размер оставшихся в распоряжении банка денежных средств, поступивших в счет выполнения обязательств по активам, являющимся обеспечением, превысит совокупную номинальную стоимость и сумму процентов по находящимся в обращении ипотечным облигациям, в законодательстве должна быть закреплена обязанность банка-эмитента принять решение о досрочном погашении соответствующего выпуска (транша) таких ценных бумаг.

Необходимо также отметить, что принятие решения о ликвидации эмитента (возбуждение производства по делу об экономической несостоятельности (банкротстве)) является основанием для осуществления расчетов с владельцами ипотечных облигаций независимо от срока их обращения. При этом требования владельцев ипотечных облигаций в соответствии с действующим законодательством, фактически, подлежат удовлетворению только в седьмую очередь, а ликвидация эмитента соответственно влечет прекращение его обязательств, в том числе по выпущенным им облигациям [16, ст. 104; 18, ст. 389].

Однако применение общих правил к погашению ипотечных облигаций при банкротстве (ликвидации) эмитента снижает надежность и инвестиционную привлекательность этих ценных бумаг. Следует обратить внимание, что риск банкротства эмитента рассматривается как один из основных рисков на рынке ипотечных ценных бумаг, и его уменьшение предполагает установление в законодательстве особенностей банкротства (ликвидации) банков, осуществляющих эмиссию, размещение и обслуживание ипотечных облигаций.

Согласно нормам белорусского законодательства, эмитент ипотечных облигаций может быть ликвидирован по решению его участников (собственника имущества) либо органа эмитента, уполномоченного уставом, хозяйственного суда или Национального банка. Решение о ликвидации эмитента может быть принято его участниками (собственником имущества) либо органом эмитента, уполномоченным уставом, только после полного погашения всех имеющихся обязательств перед кредиторами, в том числе по ипотечным облигациям, и с письменного согласия Национального банка. Однако, если ипотечные облигации являются долгосрочными (например, срок их обращения составляет десять лет) и эмитент не имеет достаточных средств для проведения их досрочного погашения, принятие решения о добровольной ликвидации эмитента задолго до наступления срока погашения ипотечных облигаций осложнено определенными причинами экономического и правового характера. С одной стороны, исполнение эмитентом обязательств по ипотечным облигациям связано с денежными поступлениями от активов, составляющих ипотечное покрытие, которые, как правило, не могут быть получены ранее изначально установленного срока. С другой стороны, в законодательстве Республики Беларусь не предусмотрено формы досрочного прекращения обязательств эмитента по ипотечным облигациям при принятии решения о его ликвидации, которая могла бы быть применена без нарушения прав и интересов инвесторов. При этом необходимо отметить, что такая форма предусмотрена в российском законодательстве на случай несостоятельности (банкротства) организации – эмитента ипотечных облигаций. Так, согласно статьям 16.1 и 16.2 российского Закона «Об ипотечных ценных бумагах», допускается реализация ипотечного покрытия двумя способами: посредством продажи с обязательством покупателя выполнять все условия, предусмотренные решением о выпуске облигаций (далее – передача ипотечного покрытия) либо продажи с распределением полученных денежных средств между владельцами ипотечных облигаций (далее – продажа ипотечного покрытия). Введение института реализации ипотечного покрытия в российское законодательство обеспечило в случае несостоятельности (банкротства) эмитента возможность удовлетворения требований владельцев ипотечных облигаций отдельно от требований других кредиторов, что повысило уровень защиты прав и интересов инвесторов, но оставило неучтенными особенности исполнения обязательств по этим ценным бумагам при ликвидации эмитента по иным основаниям.

В белорусском законодательстве целесообразно закрепить возможность использования двух способов реализации ипотечного покрытия при ликвидации эмитента ипотечных облигаций по всем основаниям. Определение способа реализации ипотечного покрытия должно входить в компетенцию органа, осуществляющего ликвидацию банка-эмитента.

При этом в случае добровольной ликвидации банка-эмитента при недостаточности иных средств для досрочного погашения ипотечных облигаций или если возможность досрочного погашения не предусмотрена решением о выпуске ипотечных облигаций реализация ипотечного покрытия должна предшествовать принятию участниками (собственником имущества) банка либо органом эмитента, уполномоченным уставом, решения о его ликвидации. Это обеспечит возможность либо проведения эмитентом досрочного погашения ипотечных облигаций с использованием средств, полученных от продажи ипотечного покрытия, либо передачи обязательств по ипотечным облигациям иному лицу. В результате банк не будет являться должником по ипотечным облигациям, что при отсутствии обязательств перед другими кредиторами позволит принять решение о добровольной ликвидации банка-эмитента.

При ликвидации банка-эмитента в принудительном порядке (в том числе в случае признания его банкротом) ипотечное покрытие должно исключаться из состава имущества ликвидируемого банка. Соблюдение такого требования будет способствовать выполнению ипотечным покрытием функции обеспечения обязательств по ипотечным облигациям, что обеспечит повышенную надежность этих ценных бумаг как одного из основных инструментов рефинансирования в системе ипотечного жилищного кредитования. Закрепление этого требования в белорусском законодательстве предполагает внесение соответствующих дополнений в ст. 102 Банковского кодекса Республики Беларусь и ст. 221 Закона Республики Беларусь от 18 июля 2000 года № 423-З «Об экономической несостоятельности (банкротстве)» [20].

Если в процессе ликвидации будет принято решение о продаже ипотечного покрытия, она должна предшествовать составлению промежуточного ликвидационного баланса. При недостаточности денежных средств, полученных от продажи ипотечного покрытия на погашение ипотечных облигаций, владельцы этих ценных бумаг должны иметь право на удовлетворение своих требований в пределах недополученной суммы в порядке, предусмотренном законодательством для других кредиторов банка-эмитента. При этом требования кредиторов – владельцев ипотечных облигаций до продажи ипотечного покрытия не должны включаться в реестр требований кредиторов банка-эмитента.

В случае передачи ипотечного покрытия до составления промежуточного ликвидационного баланса должен быть заключен договор с покупателем, а передача завершена до утверждения ликвидационного баланса. Закрепления таких правил в белорусском законодательстве повысит уровень защиты интересов инвесторов при ликвидации эмитента ипотечных облигаций, что положительно повлияет на инвестиционную привлекательность этих ценных бумаг.

### Заключение

В целях повышения уровня защиты прав инвесторов при инвестировании денежных средств в ипотечные облигации в белорусском законодательстве необходимо закрепить:

- требование об использовании при определении объема эмиссии ипотечных облигаций норматива соотношения размера обязательств по ипотечным облигациям и размера обязательств по кредитам, обеспечивающим такие облигации, а также о согласованности сроков по этим обязательствам;
- право банка-эмитента на эмиссию ипотечных облигаций, обеспеченных одним ипотечным покрытием, несколькими траншами, отличающимися сроком обращения и размером дохода;
- требование о выделении из имущества банка-эмитента и переводе на отдельный учет активов банка, являющихся покрытием по ипотечным облигациям;
- нормы, ограничивающие использование (расходование) активов, составляющих ипотечное покрытие, на цели, не связанные с исполнением обязательств по ипотечным облигациям, обеспеченным таким покрытием;
- требование о включении в состав ипотечного покрытия денежных средств, поступивших в счет исполнения обязательств по активам, входящим в такое покрытие, до использования их банком-эмитентом для исполнения обязательств по находящимся в обращении ипотечным облигациям;
- внебиржевой порядок совершения сделок купли-продажи ипотечных облигаций между физическими лицами;
- обязанность банка-эмитента принять решение о досрочном погашении выпуска (транша) ипотечных облигаций в случае, если размер оставшихся в распоряжении банка денежных средств, поступивших в счет выполнения обязательств по активам, являющимся обеспечением, превысит совокупную номинальную стоимость и сумму процентов по находящимся в обращении ипотечным облигациям;
- требование об исключении из состава имущества банка-эмитента при его ликвидации в принудительном порядке активов, являющихся обеспечением находящихся в обращении ипотечных облигаций, а также возможность и порядок реализации ипотечного покрытия при ликвидации эмитента.

**Abstract.** The article analyzes the rules of the Belarusian legislation governing the emission, circulation and redemption of mortgage bonds, and makes proposals for their improvement. Insertion in the legislation of these proposals will increase the reliability of mortgage bonds and will ensure an enhanced level of investor protection when investing money in such securities.

## Литература

- 1 Хисаметдинов А. Влияние секьюритизации активов на финансовый результат банка // Рынок ценных бумаг. – 2005. – № 23–24. – С. 68–69.
- 2 Милютин А. Секьюритизация нам поможет // Рынок ценных бумаг. – 2006. – № 22. – С. 32–34.
- 3 Шитов Н. Потенциал ипотечного рынка России колоссален // Рынок ценных бумаг. – 2007. – № 15. – С. 46–48.
- 4 О выпуске банками облигаций : указ Президента Респ. Беларусь, 28 авг. 2006 г., № 537 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 142. – 1/7862.
- 5 Порядок выпуска, обращения и погашения облигаций, выпускаемых банками : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, Нац. банка Респ. Беларусь, 29 дек. 2006 г., № 1753/22 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2007. – № 6. – 5/24483.
- 6 Инструкция о порядке выпуска и государственной регистрации ценных бумаг : утв. постановлением Комитета по ценным бумагам при Совете Министров Респ. Беларусь, 11 апр. 2006 г., № 09/П (в ред. постановления М-ва финансов Респ. Беларусь, 19 нояб. 2007 г., № 168) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2007. – № 304. – 8/17670.
- 7 Туктаров Ю. Транширование ипотечных ценных бумаг // Рынок ценных бумаг. – 2006. – № 11. – С. 65–67.
- 8 Суворов, Г. Как нам организовать рынок ипотечных ценных бумаг [Текст] / Г. Суворов // Рынок ценных бумаг. – 2002. – № 4. – С. 25–30.
- 9 Стандарт эмиссии ценных бумаг и регистрации проспектов ценных бумаг, утв. Приказом ФСФР РФ от 16.03.2005 № 05-4/пз-н // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2005. – № 18.
- 10 Тьюлз Р., Брэдли Э., Тьюлз Т. Фондовый рынок. – М. : Инфра-М, 1997. – 648 с.
- 11 Демушкина Е. Определение правового статуса ипотечных ценных бумаг // Рынок ценных бумаг. – 2003. – № 24. – С. 32–39.
- 12 Фабощи Ф. Дж. Управление инвестициями. – М. : Инфра-М 2000. – 932 с.
- 13 Цылина Г. А. Ипотека: жильё в кредит. – М. : Экономика, 2001. – 360 с.
- 14 Динамика показателей средней широкой денежной массы (помесячно) // Бюллетень банк. статистики. – 2009. – № 8. – С. 78–81.
- 15 Правила листинга ценных бумаг в ОАО «Белорусская валютно-фондовая биржа» [Электронный ресурс] : утв. Протоколом Наблюдательного совета ОАО «Белорусская валютно-фондовая биржа», 05 марта 2009 г., № 7 // Официальный сайт ОАО «Белорусская валютно-фондовая биржа». – Режим доступа : <http://www.bcse.by/download.php?type=3&id=43>.
- 16 Банковский кодекс Республики Беларусь : закон Респ. Беларусь, 25 окт. 2000 г., № 441-3 (в ред. Закона Респ. Беларусь, 17 июля 2006 г., № 145-3) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 113. – 2/1243.
- 17 Инструкция о порядке государственной регистрации и лицензирования деятельности банков и небанковских кредитно-финансовых организаций: утв. постановлением Правления Нац. банка Респ. Беларусь, 28 июня 2001 г., № 175 (в ред. постановлений Правления Нац. банка Респ. Беларусь, 31 окт. 2006 г., № 171) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2007. – № 2. – 8/15479.
- 18 Гражданский кодекс Республики Беларусь : закон Респ. Беларусь, 7 дек. 1998 г., № 218-3 // Ведомости Нац. собр. Респ. Беларусь. – 1999. – № 7–9. – Ст. 101.
- 19 Инструкции о порядке совершения сделок с ценными бумагами на территории Республики Беларусь : утв. постановлением Мин-ва финансов Респ. Беларусь, 12 сент. 2006 г., № 112. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 116. – 8/15099.
- 20 Об экономической несостоятельности (банкротстве) : закон Респ. Беларусь, 18 июля 2000 г., № 423-3 // Ведомости Нац. собр. Респ. Беларусь. – 2000. – № 26–27. – Ст. 361.

УДК 796

## Динамика двигательной подготовленности у постоянного контингента курсантов Гомельского инженерного института МЧС Республики Беларусь за четырехлетний период обучения

А. В. Ключников, М. В. Коняхин

С целью разработки модельных характеристик отдельных сторон подготовленности курсантов нами была изучена динамика уровня двигательной подготовленности курсантов за четырехлетний период обучения на постоянном контингенте курсантов, разделенных на три группы по уровню подготовленности. Первая группа «А» с высоким уровнем физической подготовленности (таблица 4.2). Вторая группа «Б» с уровнем подготовленности выше среднего (таблица 4.3). Группу «В» составили курсанты со средним уровнем физической подготовленности (таблица 4.4).

Изучение динамики физической подготовленности за четырехлетний период выявило различия в темпах прироста в каждой рассматриваемой группе, которые изменяется гетерохронно.

За время занятий на первом курсе по интегральному показателю, сумме очков физической подготовленности (5 тестов, характеризующих основные двигательные способности) имеется наибольший прирост в группе «В», который увеличивается на 6,9 очка, или на 51,7 %. В группе «Б» прирост за это время составил 46,2 %, в первой группе «А» – 27,9 %. Сдвиги в сумме очков во всех группах с учетом различного исходного уровня значительны и статистически достоверны (при  $P < 0,05$ ).

Последующие изменения рассматриваемых показателей будем анализировать между результатами, показанными курсантами в конце учебного года, т.е. изменения между 1 и 2 курсом, 2 и 3 курсом, 3 и 4 курсом.

К концу второго курса увеличение суммы очков отмечается в группе «Б» и «В», соответственно, 21,3 % и у 21,0 %, в группе «А» прирост составляет 17,4 %. Несмотря на уменьшения темпов прироста по сравнению с 1 курсом, во всех группах на втором курсе по этому показателю прирост статистически достоверен (при  $P < 0,05$ ).

За время проведения учебно-тренировочного процесса на третьем курсе отмечается увеличение прироста суммы очков в группе «В» на 23,1 % (при  $P < 0,05$ ). Достоверный прирост, хотя и незначительный, на этом курсе отмечается также в группе «А» на 10,7 %. Во второй группе «Б» прирост составил только 7,0 % и статистически недостоверен ( $P > 0,05$ ). К концу четвертого курса в группах «А» и «В» абсолютный интегральный показатель суммы очков по отношению к результатам третьего курса улучшается, соответственно, на 8,0 % и 9,9 %, однако статистически приросты недостоверны (при  $P > 0,05$ ). Во второй группе «Б» прирост за четвертый курс составил 11,2 % и статистически достоверен (при  $P < 0,05$ ).

Анализ динамики изменений за 4 года в группах «А», «Б» и «В», имеющих достоверные различия по уровню двигательной подготовленности, в начале первого курса выявил, что за четыре года во всех рассматриваемых группах интегральный показатель суммы очков физической подготовленности достоверно возрос, соответственно, на 64,0, 85,7 и 105,7 % и статистически достоверен (при  $P < 0,05$ ). Несмотря на то, что темпы прироста за четырехлетний период оказались выше в группе «В», имеющей на первом курсе средний уровень подготовленности, абсолютный результат в сумме очков возрос на 28,9 очков в группе «А», против 22,3

очков в группе «В», прирост по этому показателю в группе «Б» составил 24,0 очка.

Четырехлетняя динамика изменений отдельных показателей подготовленности курсантов в каждой группе обеспечила статистически значимый достоверный прирост (при  $P < 0,05$ ) в интегральном показателе – сумме очков физической подготовленности.

Анализ динамики по показателям, характеризующим отдельные стороны физической подготовленности в группе «А», (рисунок 4.1) показал, что в беге на 100 метров за четырехлетний период к исходному уровню отмечается прирост результата (0,75 с или 5,8 %) при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ). В этом тесте отмечена следующая динамика: на 1 и 2 курсе прирост увеличивается примерно одинаково и соответственно составляет 1,83 % и 1,79 %, на третьем курсе прирост составляет 1,4 %. Приросты на трех курсах статистически достоверны (при  $P < 0,05$ ). Прирост абсолютного результата на четвертом курсе увеличивается на 0,1 с. и статистически недостоверен (при  $P > 0,05$ ).

В показателе «КСУ» (комплексно-силовое упражнение), характеризующем силовые возможности мышц плечевого пояса, выявлена следующая динамика: за период обучения с осени до весны на первом курсе результат увеличивается незначительно. На втором курсе отмечается статистически значимый прирост 22,4 %, в последующем до конца четвертого курса прирост составляет 13,3 % и 10,0 % при их статистической недостоверности ( $P > 0,05$ ). За четыре года прирост в этом показателе составил 57,8 % и статистически достоверен (при  $P < 0,05$ ).

В показателе «прыжок в длину с места» за четыре года обучения происходит достоверный прирост на 25 см. или 9,8 % к исходному уровню, также отмечаются достоверные приросты на 1 и 2 курсе, соответственно, 4,1 % и 3,1 % (при  $P < 0,05$ ). На 3 и 4 курсе абсолютные результаты увеличиваются статистически недостоверно ( $P > 0,05$ ) на 4 и 3 см.

В силовом контрольном упражнении «толчок гири одной рукой» от начала занятий на первом курсе до конца третьего курса показатели плавно возрастают, соответственно, на 20,5 %, 18,0 % и 11,0 % при статистической достоверности прироста ( $P < 0,05$ ). К концу четвертого курса результат увеличивается на 5,0 % (при  $P > 0,05$ ). За четыре года обучения прирост к исходному уровню составил 4,4 раза или 54,9 %, при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ).

В челночном беге 10x10 метров с первого курса до конца четвертого прирост составил 1,24 с. или 4,96 % при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ). В этот период динамика имеет два достоверных прироста к концу 2 и 4 курса, соответственно, на 2,9 % и 2,1 % (при  $P < 0,05$ ). Приросты за 1 и 3 курсы 1,0 % и 0,7 % статистически недостоверны ( $P > 0,05$ ).

В беге на 3000 метров с первого по четвертый курс абсолютный результат от курса к курсу улучшается и за 4 года составляет 52,0 с. при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ). Наибольший прирост в этом тесте отмечен на втором курсе 16,0 с. или 1,4 % (при  $P < 0,05$ ).

В контрольном тесте, характеризующем функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем (количество метров, пробегаемых за 12 минут) (таблица 4.2), за время занятий на первом курсе средний результат группы «А» улучшается на 55,1 метров или 1,8 %, прирост статистически достоверен ( $P < 0,05$ ). К концу второго курса результат улучшается с 3110,1 метра до 3180,5 метров, эта разница статистически достоверно значима. К концу третьего и четвертого курса результат улучшается примерно одинаково и прирост составляет, соответственно, 2,02 % и 1,83 %, при статистической достоверности различий ( $P < 0,05$ ). Общий прирост в этом контрольном тесте составил за четыре курса 250,3 метров или 7,9 % при ( $P < 0,05$ ).

По реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку (проба Руффье) индексный показатель от осени до весны первого курса обучения достоверно возрастает на 1,6 усл. ед. или 29,4 % при ( $P < 0,05$ ). За период обучения на втором и третьем курсе отмечена стабильность темпов прироста этого показателя, которая соответственно составляет 25,3 % и 23,3 % при ( $P < 0,05$ ), на четвертом курсе отмечается ухудшение прироста этого показателя, который в конце четвертого курса равен 0,22 усл. ед. при статистической недостоверности прироста ( $P > 0,05$ ).

Оценка функциональных возможностей организма по показателям общей работоспособности (PWC-170/кг) с первого по четвертый курс улучшается на 30,2 % при ( $P < 0,05$ ).

Наибольший прирост в этом показателе отмечается на 1 курсе и составляет 11,1 % . На 2 и 3 курсах темпы прироста улучшаются примерно одинаково и составляют, соответственно, 8,1 % и 8,2 %, на четвертом курсе результат увеличивается всего на 3,9 %, при статистической недостоверности прироста ( $P > 0,05$ ).

По второму показателю, характеризующему функциональные возможности организма, максимальное потребление кислорода на килограмм массы тела (МПК/кг), за время учебы на первом курсе темп прироста увеличивается на 5,3 % и остается на протяжении второго, третьего и четвертого курса на статистически достоверном уровне прироста ( $P < 0,05$ ), несмотря на то, что темпы прироста абсолютных результатов с каждым курсом замедляются, составляют: на 2 курсе – 4,1 %, на 3 курсе – 3,9 %, на 4 курсе – 2,4 % (таблица 4.2). За четыре года обучения абсолютный результат МПК/кг улучшился на 11,12 или на 15,9 % (при  $P < 0,05$ ).

Изучение уровня и динамики изменения физического развития (антропометрические данные) выявило, что за четыре года в группе «А» произошли изменения (таблица 4.2), длина тела за этот период возросла на 3,3 см, или 1,9 %, масса тела увеличилась на 3,3 кг, или 4,6 %, прирост весоростового показателя составил 11,1 кг/см роста, или 2,8 %. Приросты рассмотренных трех показателей физического развития за четырехлетний период обучения курсантов находится на статистически достоверном уровне значимости (при  $P < 0,05$ ). Рассмотрение четырехлетней динамики изменений отдельных показателей физической подготовленности курсантов выявило, что наибольший прирост длины тела отмечен на 1 курсе, составивший 1,4 см, или 0,8 %, на 2 и 3 курсе средние абсолютные результаты в группе незначительно возрастают, соответственно, на 0,6 % и 0,5 %, на четвертом курсе длина тела не изменяется, приросты по годам обучения в этом показателе статистически недостоверны (при  $P > 0,05$ ). Масса тела за первый курс увеличивается на 1,4 кг, или 2,0 % (при  $P < 0,05$ ), на последующих курсах приросты статистически недостоверны (при  $P > 0,05$ ) и составляют на 2 курсе – 1,5 %, на 3 курсе – 1,1 %, на 4 курсе – только 0,1 %. Анализ выявил, что темпы прироста в весоростовом показателе по всем отдельным годам обучения статистически недостоверны (при  $P > 0,05$ ).

Динамика изменений за 4 года обучения во второй группе «Б» отличается от группы «А» тем, что отмечаются значимые отличия в темпах прироста по отдельным контрольным тестам, характеризующих основные двигательные способности. Далее рассмотрим более подробно динамику изменений по отдельным показателям (рисунок 4.2, таблица 4.3).

В показателях, характеризующих скоростные (бег на 100 метров) и скоростно-силовые (прыжок в длину с места) двигательные способности, результаты с первого по четвертый курс возрастают от максимального прироста на первом курсе, соответственно, на 2,7 % и 5,2 % при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ) до минимального прироста на 4 курсе, соответственно, 0,9 % и 1,5 % при статистически недостоверной разнице ( $P > 0,05$ ). Прирост в этих показателях за четыре года в абсолютных результатах составил в беге на 100 метров – 0,96 с, в прыжках в длину с места – 29 см. (при  $P < 0,05$ ).

В контрольных тестах «КСУ» и «толчок гири одной рукой», характеризующих уровень силовой подготовленности, с первого курса результаты возрастают и достигают наибольших значимых приростов к третьему курсу, соответственно, на 23,0 % и 21,0 % (при  $P < 0,05$ ). За четвертый курс темп прироста замедляется, однако остается на статистически достоверном уровне ( $P < 0,05$ ) и составляет 13,9 % и 17,6 %. За четырехлетний период обучения темпы прироста по этим показателям статистически значимо увеличились на 2,4 и 3,6 раза или 78,7 % и 74,2 % (при  $P < 0,05$ ).

В показателе «челночный бег 10x10 метров», характеризующем проявление скоростной и координационной выносливости, на 1 и 2 курсе результаты имеют примерно одинаковые темпы прироста, но более значимые на втором курсе, которые составляют на 1 курсе 0,31 с, или 1,2 %, на 2 курсе – 0,37 с, или 1,5 %. На последующих курсах темпы прироста составляют: на 3 курсе – 0,27 с, или 1,1 %, на 4 курсе – 0,24 с, или 1,0 %. Достоверные темпы прироста на каждом курсе обеспечили общий прирост по этому показателю за четыре года обучения на 1,19 с, или 4,7 %, при статистически недостоверной разнице ( $P > 0,05$ ).

В беге на 3000 метров, характеризующем общую беговую выносливость, выявлена

следующая динамика темпов прироста: наиболее статистически значимые приросты отмечены на первом и третьем курсе, соответственно, на 11,3 % и 8,2 %, на втором курсе прирост составил 6,6 %, на четвертом – 5,0 %. Все приросты за 4 курса обучения статистически достоверны ( $P < 0,05$ ).

Анализ уровня и темпов прироста результатов контрольных тестов, определяющий функциональные возможности организма, выявил, что на протяжении четырех лет в группе «Б» рассматриваемые показатели статистически достоверно увеличивались (таблица 4.3) и составили в тесте Купера – 6,5 %, в пробе Руффье – 33,8 %, PWC-170/кг. – 5,0 %, МПК/кг. – 11,1 % (при  $P < 0,05$ ).

Однако динамика темпов прироста в каждом из четырех отдельно рассматриваемых показателей отличалась своей особенностью. Так, в тесте Купера наибольший прирост отмечен на 1 и 4 курсе, соответственно 1,9 % и 2,2 % (при  $P < 0,05$ ), прирост на 2 курсе составил всего 0,7 % при статистически недостоверной разнице ( $P > 0,05$ ), за третий курс результат вырос на 1,7 % (при  $P < 0,05$ ).

В пробе Руффье наибольший прирост выявлен на первом курсе 14,5 % на 2 и 3 курсе темпы прироста замедляются и, соответственно, составляют 8,2 % и 7,4 % при статистической достоверности приростов (при  $P < 0,05$ ). За четвертый курс результат увеличивается всего 3,1 % при статистически недостоверной разнице ( $P > 0,05$ ).

Анализ четырехлетней динамики в показателе PWC-170/кг выявил два наибольших прироста на 1 и 3 курсе, соответственно, 8,8 % и 9,0 %, на 2 и 4 курсах приросты менее значимы и составили, соответственно, 4,8 % и 4,6 %. Все четыре темпа прироста по годам в этом показателе статистически достоверны (при  $P < 0,05$ ).

В показателе МПК/кг. выявлена следующая динамика: на 1 курсе – 3,1 % (при  $P < 0,05$ ), на 2 курсе – 1,6 % при статистически недостоверной разнице ( $P > 0,05$ ), на 3 и 4 курсе темпы приростов увеличиваются, соответственно, на 4,1 % и 2,3 % при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ).

Анализ физического развития за четырехлетний период обучения в группе «Б» выявил следующую динамику в рассматриваемых показателях (таблица 4.3). В показателе «длина тела» с первого курса по четвертый курс абсолютный результат увеличился на 4,4 см, или 2,5 %, при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ). Этот прирост обеспечили незначительные увеличения по годам обучения, которые составили: на 1 курсе – 1,6 см, на 2 курсе – 1,3 см, на 3 курсе – 1,0 см, и на 4 курсе – 0,5 % при статистически недостоверной разнице темпов прироста ( $P > 0,05$ ). Масса тела за первый курс увеличилась на 1,6 кг, или 2,2 %, при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ). На последующих курсах приросты, соответственно, составили 1,8 %, 1,4 %, 0,7 % и эти приросты статистически незначимы (при  $P > 0,05$ ). Общий прирост за четыре года обучения в этом показателе составил 4,4 кг, или 6,0 %, при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ). Темпы прироста в весоростовом показателе по всем отдельным годам обучения составили на 1 курсе – 5,3 кг/см, на 2 курсе – 4,2 кг/см, на 3 курсе – 3,4 кг/см, на 4 курсе – 1,6 % кг/см при статистически недостоверной разнице темпов прироста ( $P > 0,05$ ). Прирост весоростового показателя за четыре года увеличился на 14,5 кг/см, или 3,6 %, при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ).

За время занятий физической подготовкой в третьей группе «В», имеющей средний уровень физической и функциональной подготовленности в начале первого курса по интегральному показателю средней суммы очков пяти тестов физической подготовленности, за четыре года произошло достоверное улучшение в суммарном показателе физической подготовленности и подтверждается ростом результатов в отдельных тестах, которые, в основном, определяют уровень физической подготовленности курсантов (рисунок 4.3, таблица 4.4).

Изучение динамики по контрольным тестам, характеризующим отдельные стороны физической подготовленности в группе «В», показал, что в беге на 100 метров за четырехлетний период к исходному уровню отмечается прирост результата 1,22 с, или 9,0 %, при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ). В этом тесте отмечена следующая динамика: на 1-3 курсе прирост увеличивается с замедлением темпов прироста к третьему курсу и, со-

ответственно, составляет: 1 курс – 2,9 %, 2 курс – 2,7 %. На третьем курсе прирост составляет 2,04 %. Приросты на трех курсах статистически достоверны (при  $P < 0,05$ ). Прирост абсолютного результата за четвертый курс увеличивается на 0,19 с, или 1,5 %, и статистически недостоверен (при  $P > 0,05$ ).

В показателе «КСУ», характеризующем силовые возможности мышц плечевого пояса, выявлена следующая динамика. За период обучения на первом курсе результат увеличивается – 41,5 % (при  $P < 0,05$ ). На втором курсе отмечается статистически значимый прирост – 20,8 %, на третьем прирост возрастает на 24,2 %, последующий до конца четвертого курса прирост составляет 12,2 % при их статистической достоверности различий (при  $P < 0,05$ ). За четыре года прирост в этом показателе составил 2,4 раза, или 98,8 %, и статистически достоверен (при  $P < 0,05$ ).

В силовом контрольном упражнении «толчок гири одной рукой» на первом и третьем курсе выявлены наибольшие достоверные темпы прироста, соответственно, на 34,3 %, 28,3 % при статистической достоверности прироста ( $P < 0,05$ ). Темпы прироста на втором и к концу четвертого курса увеличиваются менее значимо на 25,7 % и 15,5 (при  $P < 0,05$ ). За четыре года обучения прирост к исходному уровню составил 3,3 раза или 105,8 % при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ).

В показателе «прыжок в длину с места» за четыре года обучения происходит достоверный прирост на 37 см, или 16,6 %, к исходному уровню, также отмечаются достоверные приросты с 1 по 4 курс, соответственно, которые замедляются и составляют 6,9 %, 4,4 %, 2,9 % и 2,1 % (при  $P < 0,05$ ).

В челночном беге 10x10 метров с первого курса и до конца четвертого прирост составил 1,59 с, или 5,9 %, при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ). За период обучения динамика имеет два более значимых достоверных прироста к концу 1 и 2 курса, соответственно, на 1,8 % и 1,5 % (при  $P < 0,05$ ). Приросты на 3 курсе замедляются до 1,2 %, а на четвертом возрастают на 1,4 % и находятся на статистически достоверном уровне (при  $P < 0,05$ ).

В беге на 3000 метров с первого по четвертый курс абсолютный результат от курса к курсу улучшается и за 4 года составляет 46,0 с, или 6,6 %, при статистически достоверной разнице ( $P < 0,05$ ). Наибольший прирост в этом тесте отмечен на третьем курсе 19,0 с, или 28,4 % (при  $P < 0,05$ ). На 1,2 и 4 курсе темпы прироста менее значимы по приросту абсолютных результатов, соответственно, на 10 с, 9 с и 9 с и статистически достоверны (при  $P < 0,05$ ).

В контрольном тесте Купера, (количество метров, пробегаемых за 12 минут) (таблица 4.4) за время занятий на первом курсе средний результат группы «В» значительно улучшается на 80,3 м, или 3,0 %, прирост статистически достоверен ( $P < 0,05$ ). К концу второго курса результат улучшается на 45,4 метра, или на 1,7 %, эта разница статистически достоверно значима, к концу третьего и четвертого курса результат улучшается примерно одинаково на 45,6 м и 40,8 м, прирост составляет, соответственно, 2,02 % и 1,83 % при статистической достоверности различий ( $P < 0,05$ ). Общий прирост в этом контрольном тесте составил за четыре курса 211,3 м, или 7,7 %, при ( $P < 0,05$ ).

В показателе «реакция сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку» (проба Руффье) индексный показатель от осени до весны первого курса достоверно возрастает на 2.1 усл. ед., или 16,7 %, при ( $P < 0,05$ ). За время обучения на втором, третьем и четвертом курсе отмечено замедление темпов прироста этого показателя, которое, соответственно, составляет 10,9 %, 8,6 % и 5,9 % при статистически достоверной разнице приростов (при  $P < 0,05$ ).

Оценка функциональных возможностей организма по показателю общей работоспособности (PWC-170/кг) с первого по четвертый курс улучшается на 40,6 % при ( $P < 0,05$ ). Наибольший прирост в этом показателе отмечается на 1 курсе и составляет 12,9 %, на втором курсе темп прироста улучшается на 10,7 %, на следующем курсе результат в этом показателе имеет наибольший прирост за все годы исследований и составляет 13,1 % (при  $P < 0,05$ ). На четвертом курсе результат увеличивается всего на 3,9 % при статистически недостоверности прироста ( $P > 0,05$ ).

В показателе, характеризующем функциональные возможности организма, «максимальное потребление кислорода на килограмм массы тела» (МПК/кг) за время учебы на пер-

вом курсе темп прироста увеличивает на 3,4 % и остается на этом уровне темпа прироста на втором курсе 3,4 % (при  $P < 0,05$ ). На третьем курсе результат максимально улучшается на 5,6 % при статистически достоверном уровне прироста ( $P < 0,05$ ). На четвертом курсе результат увеличивается незначительно: всего на 1,8 % при статистической недостоверности прироста ( $P > 0,05$ ). За четыре года обучения абсолютный результат МПК/кг улучшился на 7,24 или на 14,1 % (при  $P < 0,05$ ).

Анализ динамики физического развития в группах «В» выявил, что за четыре года произошли изменения (таблица 4.4): длина тела за этот период возросла на 5,3 см, или 3,0 %, масса тела увеличилась на 5,7 кг, или 7,6 %, прирост весоростового показателя составил 19,7 кг/см длины тела, или 4,6 %. Приросты рассмотренных трех показателей физического развития за четырехлетний период обучения курсантов находится на статистически достоверном уровне значимости (при  $P < 0,05$ ). Рассмотрение четырехлетней динамики изменения отдельных показателей физической подготовленности курсантов выявил, что наибольший одинаковый прирост длины тела отмечен на 1 курсе и 2 курсе, составивший 1,9 см. или 1,1 %; на 3 и 4 курсе средние абсолютные результаты в группе незначительно возрастают, соответственно, на 0,6 % и 0,2 %, приросты по годам обучения в этом показателе статистически недостоверны (при  $P > 0,05$ ). Масса тела за первый и второй курс увеличивается, соответственно, на 2,3 и 1,9 кг, или 3,1 % и 2,50 % (при  $P < 0,05$ ), на последующих курсах приросты статистически недостоверны (при  $P > 0,05$ ) и составляют на 3 курсе – 1,5 %, на 4 курсе – 0,5 %. Анализ выявил, что темпы прироста в весоростовом показателе статистически достоверны только на первом курсе, на 2-4 курсе обучения статистически недостоверны (при  $P > 0,05$ ).

### **Практическая (экономическая, социальная) значимость полученных результатов**

Внедрение результатов исследований в учебно-тренировочный процесс по физической культуре курсантов инженерного института МЧС Республики Беларусь позволило сократить сроки достижения оптимального уровня специальной физической и технической подготовленности без дополнительных финансовых затрат, что способствовало повышению профессиональной готовности курсантов. Результаты исследований имеют экономическую значимость, заключающуюся в том, что они могут быть коммерческим продуктом реализации Министерством спорта и туризма. Материалы диссертационной работы могут быть использованы для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Физическая культура и спорт", слушателей института повышения квалификации и переподготовки руководящих работников и специалистов физической культуры, спорта и туризма.

**Резюме.** Учеба в вузе требует мобилизации духовных, умственных и физических сил, хорошего уровня здоровья и физической подготовленности, что является той материальной базой, которая обеспечивает умственную работоспособность. Таким образом, создание резервных возможностей психофизического состояния здоровья, повышение работоспособности и творческой активности студенческой молодежи является важнейшей социальной задачей. Одна из приоритетных и важнейших для человеческого сообщества потребностей – обеспечение безопасности его жизнедеятельности.

### **Литература**

1. Ашмарин, Б.А. Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании / Б.А. Ашмарин. – М.: Физкультура и спорт, 1978. – 223 с.
2. Бальсевич, В.К. Физическая активность человека / В. К.Бальсевич, В.А. Запорожанов. – Киев: Здоров'я, 1987. – 224 с.
3. Бойко, В.В. Целенаправленное развитие двигательных способностей человека / В.В. Бойко – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 144 с.
4. Бубэ, Х. Тесты в спортивной практике / Х. Бубэ, Г. Хэк, Х. Штюблер, Ф. Трогш. – М.: Физкультура и спорт, 1968. – 238 с.

5. Бунин, В.Я. Основы теории соревновательной деятельности: учебно-методическое пособие / В.Я. Бунин. – Мн.: Гос. комитет БССР по физ. культуре и спорту, 1986. – 32 с.
6. Волков, Н.И. Некоторые вопросы теории тренировочных нагрузок / Н.И. Волков, В. М. Зациорский // Теория и практика физической культуры. – 1969. – № 6. – С. 23 – 26.
7. Вяткин, Б.А. Спорт и развитие индивидуальности человека (опыт системного исследования) / Б.А. Вяткин // Теория и практика физической культуры. – 1993. – № 2. – С. 1 – 5.
8. Ганельсман, А.Б. Физиологические основы методики спортивной тренировки / А.Б. Гандельсман, К.М. Смирнов. – М. : Физкультура и спорт, 1970. – 231 с.
9. Демьянченко, Ю.К. Физическая подготовка / под. ред. Ю.К. Демьянченко. – М.: Военное издательство, 1987. – 248 с.
10. Иванов, В.В. Комплексный контроль в подготовке спортсменов / В.В. Иванов. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 256 с.
11. Иванченко, Е.И. Теория и практика спорта: учебно-методическое пособие: в 3 ч. / Е.И. Иванченко. – Мн.: Четыре четверти, 1990. – Ч. 1. – 130 с.
12. Ильинич, В.И. Профессионально-прикладная физическая подготовка студентов ВУЗов: Научно-методические и организационные основы / В.И. Ильинич. – М.: Высш. школа, 1978. – 144 с.
13. Ключников А.В. Основы физического воспитания в таблицах и схемах: Практическое пособие для курсантов и студентов / А.В. Ключников, В.А Смирнов, Д.Н. Григоренко. Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь. Гомель: 2009. – 24 с.
14. Коледа, В.А. Психология физического воспитания молодежи / В.А. Коледа. – Мн.: Польша, 1990. – 102 с.
15. Коледа, В.А. Физическая культура: учеб. пособие / В. А. Коледа [ и др.]; под общ. ред. В. А. Коледы. – Мн.: БГУ, 2005. – 211 с.
16. Коледа, В.А. Основы мониторинга функционального и физического состояния студентов / В.А. Коледа, В.А. Медведев, В.И. Ярмолинский. – Мн.: БГУ, 2005. – 127 с.
17. Костюченков, В.Н. Средства восстановления работоспособности спасателей / В. Н. Костюченков. – Смоленск: ЦНТИ, 2002. – 87 с.
18. Купчинов, Р.И. Физическое воспитание: учеб. пособие для студентов подг. учебно-тренировочных учреждений, обеспечивающих получение высш. образования / Р.И. Купчинов. – Мн.: ТетраСистемс, 2006. – 352 с.
19. Купчинов, Р.И. Оценка психофизического состояния студентов в учебном процессе по физической культуре: учебно-методическое пособие / Р.И. Купчинов, Т.А. Глазко, Минский лингвистический университет. – Минск: МГУЛУ, 2006. – 46 с.
20. Матвеев, Л.П. Общая теория спорта: Учебная книга для завершающих уровней высшего физкультурного образования / Л.П. Матвеев. – М.: 4-й филиал Воениздата, 1997. – 304 с.
21. Матвеев, Л.П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты. – 4-е изд. испр. и доп. / Л. . Матвеев. – М. Изд-во «Лань». – 384 с.
22. Медведев, В.А. Физическое воспитание: пособие для студентов вузов / В.А. Медведев, А.Е. Бондаренко, К.К. Бодаренко // Белорусский гос. ун-т транспорта. – Гомель: БелГУТ, 2003. – 68 с.
23. Новиков А.Д. Средства и методы физического воспитания / А.Д. Новиков. – М.: Физкультура и спорт, 1946. – 94 с.
24. Сирис, П.З. Темпы прироста физических качеств – фактор, определяющий потенциальные возможности спортсменов / П.З. Сирис // Теория и практика физической культуры. – 1973. – № 4. – С. 19 – 22.
25. Смирнов, Ю.И. Теория и методика оценки и контроля спортивной подготовленности: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / Ю.И. Смирнов; Гос. центральный ин-т физ. культуры. – М., 1991. – 37 с.
26. Теория и методика физической культуры: учебник для студентов физ. культуры / под ред. проф. Ю.Ф. Курашкина. – М.: Советский спорт, 2003. – 464 с.

## Приложения

Таблица 4.2 – Динамика суммы пожарно-спасательного двоеборья, дисциплин двоеборья и показателей физической подготовленности курсантов групп «А» и «Б» за период педагогического эксперимента

Г р у п п а	Исходные данные в начале эксперимента		Конечные данные первого этапа		Конечные данные эксперимента		Достоверность различий за первый этап эксперимента Р	Достоверность различий за второй этап эксперимента Р	Достоверность различий за весь период эксперимента Р
	X	±δ	X	±δ	X	±δ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Сумм пожарно-спасательного двоеборья, с</i>									
А	42,48	0,62	40,68	0,54	39,62	0,62	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Б	42,54	0,50	39,22	0,60	37,98	0,72	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Различия между группами Р	> 0,05		< 0,05		< 0,05				
<i>Преодоление 100-метровой полосы с препятствиями, с.</i>									
А	21,66	0,36	20,74	0,28	20,27	0,46	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Б	21,74	0,27	20,06	0,26	19,35	0,58	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Различия между группами Р	> 0,05		< 0,05		< 0,05				
<i>Подъем по штурмовой лестнице в окно 4-го этажа учебной башины, с.</i>									
А	20,81	0,26	19,95	0,23	19,41	0,35	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Б	20,79	0,20	19,09	0,26	18,26	0,42	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Различия между группами Р	> 0,05		< 0,05		< 0,05				
<i>Бег 100 метров со старта, с.</i>									
А	13,36	0,24	13,13	0,12	12,98	0,12	< 0,05	> 0,05	< 0,05
Б	13,42	0,22	13,04	0,16	12,70	0,08	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Различия между группами Р	> 0,05		> 0,05		< 0,05				
<i>Силовое троеборье КСУ, раз</i>									
А	2,38	0,08	3,30	0,20	3,84	0,52	< 0,05	> 0,05	< 0,05
Б	2,46	0,09	3,74	0,32	4,52	0,43	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Различия между группами Р	> 0,05		> 0,05		< 0,05				

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Прыжок в длину с места, см.</i>									
А	240	9,04	255,0	1,81	260,1	3,40	< 0,05	> 0,05	< 0,05
Б	239	8,88	261,0	1,42	269,2	2,23	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Различия между группами Р	> 0,05		< 0,05		< 0,05				
<i>Толчок гири одной рукой, раз</i>									
А	3,58	0,26	4,83	0,03	5,91	0,08	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Б	3,61	0,23	4,93	0,09	6,14	0,08	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Различия между группами Р	> 0,05		> 0,05		> 0,05				
<i>Бег на 3000 метров, мин.с.</i>									
А	12,16	0,19	11,58	0,02	11,50	0,03	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Б	12,17	0,18	11,53	0,01	11,42	0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Различия между группами Р	> 0,05		< 0,05		< 0,05				
<i>Сумма очков пяти контрольных тестов.</i>									
А	22,5	1,55	35,8	2,71	45,6	3,40	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Б	21,9	1,48	42,5	2,48	63,9	4,68	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Различия между группами Р	> 0,05		< 0,05		< 0,05				
<i>Челночный бег 10 x 10 м, с.</i>									
А	25,78	1,76	25,24	0,07	25,06	0,17	< 0,05	> 0,05	< 0,05
Б	25,90	1,80	24,98	0,09	24,65	0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Различия между группами Р	> 0,05		< 0,05		< 0,05				

Таблица 4.3 – Динамика показателей функциональной и технической подготовленности курсантов групп «А» и «Б» за период педагогического эксперимента

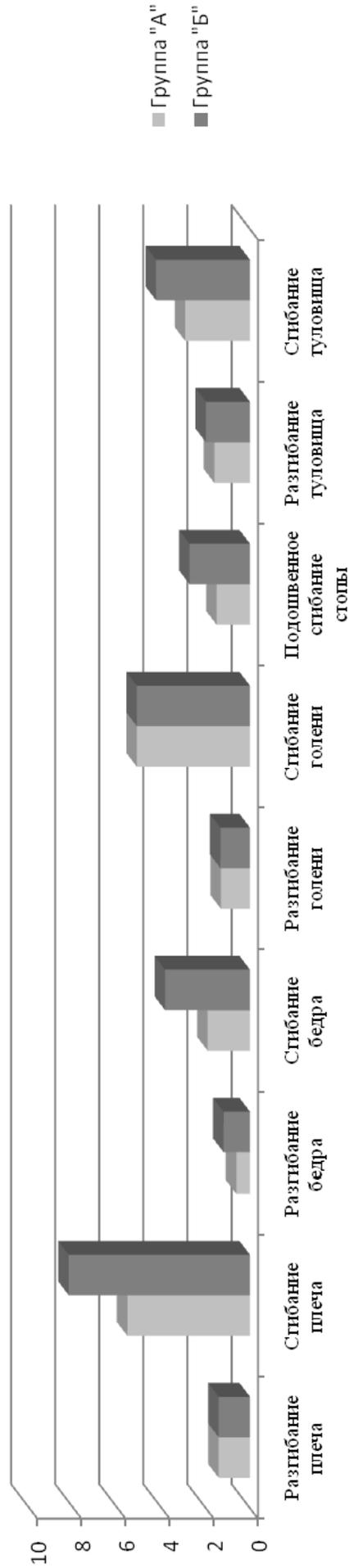
Г р у п п а	Исходные данные в начале эксперимента		Конечные данные первого этапа		Конечные данные эксперимента		Достоверность различий за первый этап эксперимента Р	Достоверность различий за второй этап эксперимента Р	Достоверность различий за весь период эксперимента Р
	X	±δ	X	±δ	X	±δ			
Тест Кулера количество метров пробегаемых за 12 минут									
А	2955	9,94	3030	6,02	3065	7,51	< 0,05	> 0,05	< 0,05
Б	2945	9,38	3045	5,54	3095	6,80	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Р между группами	> 0,05		> 0,05		< 0,05				
Проба Руффье, индекс									
А	7,42	0,13	5,63	0,25	4,75	0,39	< 0,05	> 0,05	< 0,05
Б	7,38	0,12	4,80	0,18	3,63	0,24	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Р между группами	> 0,05		< 0,05		< 0,05				
Общая работоспособность (РВС 170/кг)									
А	18,70	0,21	21,10	0,10	22,45	0,26	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Б	18,63	0,17	21,57	0,16	23,21	0,19	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Р между группами	> 0,05		> 0,05		> 0,05				
Максимальное потребление кислорода (МПК/ кг)									
А	59,98	0,28	63,43	0,44	65,17	0,60	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Б	60,18	0,25	64,49	0,37	66,97	0,52	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Р между группами	> 0,05		< 0,05		< 0,05				
Эффективность технического мастерства в преодолении 100 м полосы с препятствиями, с									
А	10,36	0,08	9,34	0,09	8,77	0,18	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Б	10,42	0,07	9,05	0,11	8,23	0,15	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Р между группами	> 0,05		< 0,05		< 0,05				
Эффективность технического мастерства в подъеме по штурмовой лестнице на 4-й этаж учебной башни, с.									
А	8,61	0,16	7,32	0,10	6,85	0,17	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Б	8,58	0,20	7,03	0,09	6,33	0,12	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Р между группами	> 0,05		< 0,05		< 0,05				

Таблица 4.4 – Корреляционная взаимосвязь между показателями подготовленности курсантов группы «А» на первом этапе эксперимента

Показатели	Коэффициенты корреляции																			
1. Преодоление 100 м полосы с препятствиями I																				
2. Подъем по штурмовой лестнице в окно 4этажа учебной башни 666 I																				
3. Сумма очков пяти контрольных тестов 639 610 I																				
4. Бег 100 м со старта 552 476 589 I																				
5. Силовое троеборье КСУ 591 607 601 215 I																				
6. Прыжок в длину с места 576 540 665 618 362 I																				
7. Толчок гири одной рукой 439 452 577 160 648 301 I																				
8. Бег на 3000 м 593 511 562 497 270 340 058 I																				
9. Челночный бег 10x10 м 586 555 526 608 100 640 260 358 I																				
10. ЭТМ Ш/П 774 584 560 484 511 486 229 168 571 I																				
11. ЭТМ Ш/Б 680 778 593 471 585 452 367 505 578 600 I																				
12. РВС 170/кг 469 319 516 425 152 304 176 704 476 470 385 I																				
13. МПК/ кг 460 342 558 437 270 381 186 620 455 440 413 818 I																				
14. Проба «Руффье» 062 151 486 277 004 147 080 580 383 340 219 616 577 I																				
15. Тест Купера 560 451 617 298 308 342 157 740 451 289 125 851 789 516 I																				
16. Относительная сила мышц верхних конечностей 305 559 581 206 626 306 772 285 374 311 584 208 373 206 226 I																				
17. Относительная сила мышц туловища 405 559 611 487 768 406 526 374 461 480 591 487 338 257 441 618 I																				
18. Относительная сила мышц нижних конечностей 655 587 716 584 270 605 431 461 670 564 669 206 322 318 453 672 540 I																				
19. Весоростовой индексе 582 640 556 497 782 570 668 315 446 365 241 470 305 358 368 404 376 269 I																				
Показатели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	

Примечание: коэффициенты корреляции приведены в тысячных долях; статистически достоверны коэффициенты численностью свыше 0,440

Второй этап эксперимента



Первый этап эксперимента

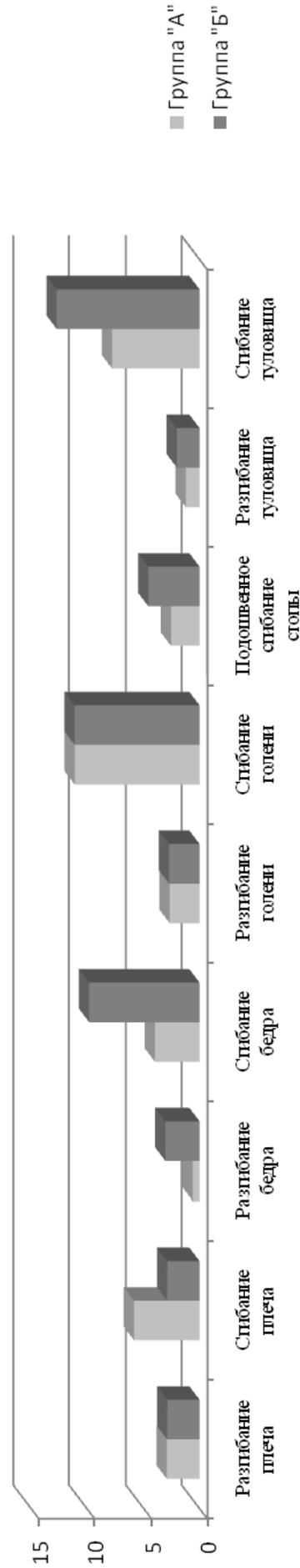
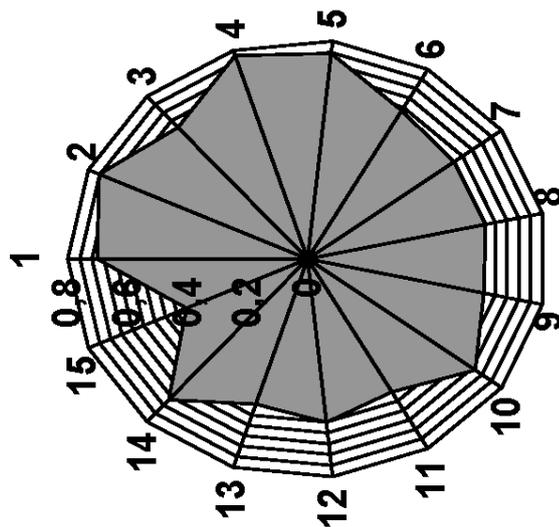


Рисунок 4.1 Динамика показателей относительной силы отдельных мышечных групп (в %) за период эксперимента

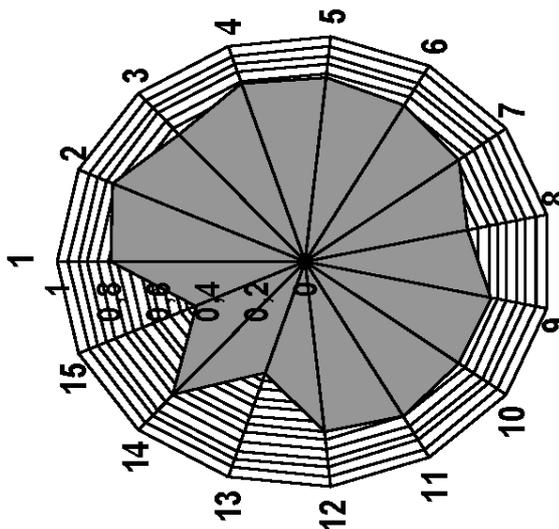
## Группа "А"



1. Преодоление 100м полосы с препятствиями
2. Подъем по штурмовой лестнице в окно 4 этажа УБ
3. Сумма очков пяти контрольных тестов
4. ЭТМ преодоления полосы с препятствиями
5. ЭТМ подъема по штурмовой лестнице

6. РВС 170/кг
7. МПК/кг
8. Сумма относительной силы девяти мышечных групп
9. Бег на 100м со старта
10. Силовое троеборье КСУ

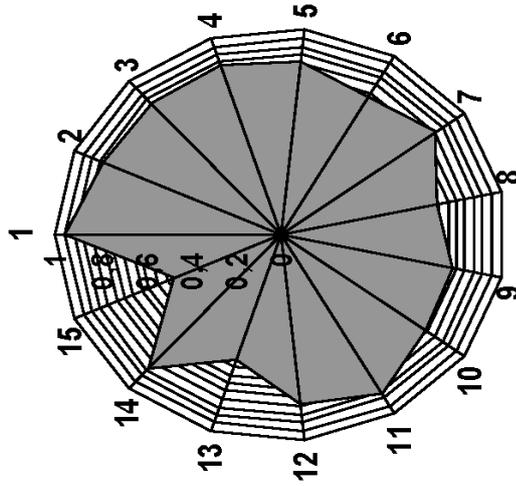
## Группа "Б"



11. Прыжок в длину с места
12. Бег на 3000м
13. Толчок гири одной рукой
14. Челночный бег 10x10м
15. Весоростовой индекс

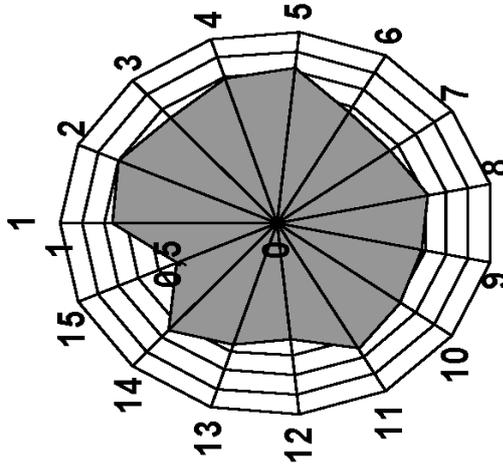
Рисунок 4.2 – Корреляционная взаимосвязь показателей двигательной подготовленности курсантов с суммой результатов пожарно-спасательного двоеборья в группах «А» и «Б» на первом этапе эксперимента

## Группа "Б"



11. Прыжок в длину с места
12. Бег на 3000м
13. Толчок гири одной рукой
14. Челночный бег 10x10м
15. Весоростовой индекс

## Группа "А"



1. Преодоление 100м полосы с препятствиями
2. Подъем по штурмовой лестнице в окно 4 этажа УБ
3. Сумма очков пяти контрольных тестов
4. ЭТМ преодоления полосы с препятствиями
5. ЭТМ подъема по штурмовой лестнице
6. РВС 170/кг
7. МПК/кг
8. Сумма относительной силы девяти мышечных групп
9. Бег на 100м со старта
10. Силовое троеборье КСУ

Рисунок 4.3 – Корреляционная взаимосвязь показателей характеризующих двигательную подготовленность курсантов с суммой результатов пожарно-спасательного двоеборья в группах «А» и «Б» на втором этапе эксперимента

Гомельский инженерный институт  
МЧС Республики Беларусь

Гомельский государственный  
университет» имени Ф. Скорины

Поступило 20.03.10

УДК

## Профессионально-формирующее влияние студенческого самоуправления на коммуникативную компетентность будущего учителя

Т. В. КУПРИЯНЧИК

Формирование коммуникативной компетентности будущего учителя выступает в качестве высшей задачей подготовки будущих специалистов педагогического профиля. В условиях модернизации образования, современной науки она приобретает особую актуальность. На это указывают российские и белорусские ученые, изучающие ключевые компетентности будущего учителя в рамках компетентностного подхода в высшем образовании. В частности, коммуникативную компетентность В. И. Байденко, В. И. Воскресенский, О. Л. Жук, И. А. Зимняя, Т. Е. Исаева, А. В. Макаров, И. И. Рыданова, В. В. Рябов, Ю. Г. Татур, Ю. В. Фролов и др. выделяют в качестве одной из ключевых компетентностей будущего специалиста. Если говорить о профессии педагога, то именно коммуникативная компетентность, по мнению И. И. Рыдановой, является "сердцевинной профессионализма учителя, потому что общение с учениками составляет сущность педагогической деятельности" [1, с. 27]. Основной характеристикой педагогического общения является именно диалогический тип общения, выражающийся в сложном, многоаспектном, многоплановом отражении педагогом и учащимися друг друга, личностном отношении и открытом обращении участников педагогического процесса.

Классифицируя профессионально-личностные компетенции вузовского преподавателя, Т. Е. Исаева выделяет коммуникативную компетентность из числа социальных в виду особого характера ее функционирования и значимости в развитии как отдельного индивида, так и человеческого общества в целом. Под коммуникативной компетенцией исследователь понимает сложное по структуре и целостное по организации образование, обеспечивающее успешность осуществления основных задач общения и самореализации личности. Это важное профессиональное качество включает в себя: владение лингвистическими умениями; соблюдение специфических социально-культурных норм речевого поведения и психологических законов установления контакта между общающимися; поддержание благоприятной атмосферы; развитие эмоционально-чувственной сферы личности [2, с. 55]. Все это говорит о том, что коммуникативная компетентность является неотъемлемой частью коммуникативной культуры будущего учителя. Она обеспечивает готовность студента-будущего педагога к самореализации и самоопределению и является средством создания и обогащения его внутреннего мира, условием достижения высокого профессионализма и установления партнерских взаимоотношений с учащимися.

Коммуникативная компетентность не возникает на пустом месте, она формируется в деятельности и выступает как необходимый аспект становления профессиональной компетентности будущего учителя. Неслучайно изучая проблему компетентностей будущих специалистов педагогического профиля, О. Л. Жук приходит к выводу, что компетенции, в том числе и коммуникативные, "не могут эффективно формироваться в традиционных лекционно-семинарских формах на основе "готовых" знаний, умений и навыков. Компетентность как интегрированное качество развивается на основе самостоятельно приобретенного опыта решения разнообразных задач и ситуаций, имитирующих будущую профессиональную деятельность студентов с учетом ее социального контекста" [3]. Следовательно, для развития коммуникативной компетентности необходимо расширение их собственной коммуникативной практики в рамках учебного и внеучебного процессов.

Несмотря на то, что понятие "коммуникативная компетентность" изучается многими учеными, каждый исследователь вкладывает свой смысл в этот термин, но общей чертой

большинства существующих определений является включение коммуникативной компетентности в структуру эффективного педагогического общения. Так, под коммуникативной компетентностью будущего учителя понимают способность студента продуктивно организовывать своё общение в типичных условиях профессиональной педагогической деятельности. Продуктивное общение – это такое общение, которое основано не только на целенаправленном использовании речевых средств, но и на умении правильно использовать невербальную коммуникацию (жесты, позы, мимику), восприятию партнеров как активных субъектов общения, знании специфических особенностей общающихся (социальные, политические, религиозные, профессиональные различия; барьеры, связанные со спецификой характера и темперамента). Из данного определения видно, что коммуникативная компетентность будущего учителя представляет собой сложное образование, которое включает в себя коммуникативно-знаниевую сторону, личностные коммуникативные качества и коммуникативно-рефлексивные свойства, которые в своей совокупности обеспечивают продуктивное общение.

Основными критериями развития коммуникативной компетентности является степень сформированности ее структурных компонентов. В психолого-педагогической науке предлагаются различные структурные модели коммуникативной компетентности будущего специалиста. В основе этих моделей лежит понимание общения как совокупности трех аспектов коммуникативного (обмен информацией), интерактивного (взаимодействие) и перцептивного (восприятие человека человеком). Учитывая специфику педагогической деятельности, целесообразно выделить когнитивно-мотивационный, операционно-деятельностный, аффективный и ценностно-личностный компоненты коммуникативной компетентности будущего учителя.

Анализ структуры коммуникативной компетентности будущего учителя позволяет определить ряд условий, являющихся предпосылкой эффективной деятельности студентов по формированию этого профессионального качества в процессе обучения в вузе:

- активизация коммуникативного взаимодействия субъектов образовательного процесса в вузе путем расширения коммуникативной практики;
- создание системы условий для эффективного процесса формирования коммуникативной компетентности студентов, в процессе которой у будущих педагогов возникала бы потребность и мотивы совершенствования их коммуникативной компетентности;
- разработка научно-обоснованной модели процесса формирования коммуникативной компетентности будущих учителей.

Данные условия можно реализовать в процессе функционирования студенческого самоуправления. Выбор системы студенческого самоуправления в качестве одного из средств развития и совершенствования коммуникативной компетентности будущего учителя не случаен. Его обусловили ряд положений известных российских и белорусских ученых. Так, по мнению российского педагога А. В. Мудрика, большое значение в процессе целенаправленного обучения общению играет первичный коллектив. "Воздействовать на эффективность общения в процессе воспитания личности можно, главным образом, через коллектив, через общение в коллективе" [4, с. 21]. Соответственно, общение в рамках академической группы выступает основным источником расширения коммуникативной практики будущих учителей. Для этого необходимо вовлекать как можно большее число студентов в общение и социально-значимую деятельность. Один из наиболее эффективных путей вовлечения является создание временных групп (орган студенческого самоуправления) для выполнения творческих поручений. Только в деятельности реализуется социальная активность и самостоятельность. Это, в свою очередь, способствует формированию культуры взаимодействия и общения студентов между собой и с преподавателями. Так, социальное взаимодействие затрагивает мотивационную, познавательную и поведенческую сферы личности будущего учителя и обеспечивает развитие ее коммуникативной компетентности.

Большое значение имеет положение И. И. Рыдановой о важной роли самоуправления для расширения коммуникативной практики. Только при условии функционирования выборных органов, где вопросы учебы, труда и досуга решаются совместными усилиями педагогов и учащейся молодежи, у студентов появляется возможность для совершенствования

своих взаимоотношений как со студентами, так и с преподавателями и развития их организаторских и коммуникативных способностей.

Исследуя психолого-педагогические факторы, определяющие эффективное педагогическое взаимодействие, Г. В. Гатальская отмечает, что именно педагог создает в коллективе особый психологический климат принятия каждым каждого. Под эффективным педагогическим взаимодействием исследователь понимает "процесс вербальной и невербальной коммуникации учителя и учащихся, в котором закрепляются и развиваются позитивные межличностные отношения, способствующие личностному росту обеих сторон" [5, с. 3]. В связи с этим особо важное место среди личностных характеристик будущего учителя занимает развитие эмпатии и позитивной Я-концепции. Только обладая эмпатией, искренностью, ощущением собственной ценности и готовностью относиться к учащимся на позитивной основе, будущие учителя смогут эффективно взаимодействовать с учащимися, то есть влиять на самосознание и становление их личности, смогут научить их верить в себя, справляться с трудностями и в полной мере реализовать свои возможности в учебе. Учителя с позитивной Я-концепцией обладают чувством собственной значимости, гибкостью мышления. Для такого учителя важна внутренняя, психологическая сторона воспитанника. Именно позитивная Я-концепция обуславливает демократический стиль преподавания и общения [5, с. 25]. Следовательно, для реализации эффективного педагогического взаимодействия со своими воспитанниками будущему учителю необходимо обладать соответствующими личностными и профессиональными качествами и быть готовым к открытому общению. А это предполагает наличие у будущего учителя высокого уровня развития коммуникативной компетентности.

Выбирая студенческое самоуправление как одного из основных средств формирования коммуникативной компетентности будущего учителя, можно проследить, как происходит становление каждого из структурных компонентов коммуникативной компетентности отдельно в процессе функционирования органов студенческого самоуправления. Для развития *когнитивно-мотивационного* компонента коммуникативной компетентности будущего учителя необходимы знания о закономерностях общения, наличие коммуникативных свойств личности будущего учителя, опыт оперирования этими знаниями и моделирования коммуникативных задач. Все это составляет коммуникативную компетенцию будущего учителя. Этот компонент также связан с наличием мотива у студентов-будущих учителей совершенствовать свои коммуникативные навыки.

Знания о закономерностях эффективного общения будущие учителя получают при изучении психолого-педагогических дисциплин, во время практических занятий, семинаров, спецкурсов. Однако время на практических занятиях и семинарах ограничено. Реализовать полученные знания помогает система студенческого самоуправления, которая способствует расширению коммуникативной практики и предоставляет возможности всем студентам развивать свои коммуникативные умения и навыки в повседневном деловом общении с однокурсниками и преподавателями, решая текущие проблемы своего коллектива. Так, в процессе деятельности органов самоуправления студенты:

- изучают психологические особенности человека во время коллективной деятельности,
- анализируют социально-психологические ситуации в коллективе,
- знакомятся с психолого-педагогическими методами управления,
- учатся принимать управленческие решения, убедительно излагать свое мнение.

Собрание советов органов самоуправления превращается в групповую дискуссию, которая тоже повышает мотивацию и вовлечённость участников в решение обсуждаемых проблем. У будущих учителей появляется мотив совершенствовать свои коммуникативные навыки. Это даёт эмоциональный толчок к последующей поисковой активности участников, что, в свою очередь, реализуется в их конкретных действиях. В качестве объекта дискуссий могут выступать не только специально сформулированные проблемы, но и случаи из профессиональной практики и межличностные взаимоотношения самих участников. Такие дискуссии способствуют уяснению каждым участником своей собственной точки зрения и уважения к чужой, а также развивают коммуникативные качества и умения.

Кроме того, расширяя коммуникативную практику в условиях студенческого самоуправления, будущие учителя реализуют потребность в общении, так как участие в деятельности постоянных и временных органов самоуправления предполагает постоянное общение между его участниками. Примером может служить подготовка и проведение дней факультета. Это достаточно комплексное мероприятие, подготовка к которому занимает длительное время и зависит от того, как активно проявляют себя студенты. Создаются временные органы самоуправления, которые готовят различные мероприятия и коллективные дела. В процессе их деятельности у будущих учителей развиваются взаимопомощь, инициатива, творчество, ответственность и способность к продуктивному общению и сотрудничеству. Также студенты могут принимать активное участие в подготовке кураторских часов, что развивает у них любознательность, умение давать объективную оценку фактам, явлениям. Эти примеры демонстрируют, как участие в органах самоуправления способствует развитию у будущих учителей когнитивно-мотивационного компонента коммуникативной компетентности.

*Операционно-деятельностный* компонент коммуникативной компетентности характеризуется сформированностью коммуникативных умений и навыков. Он проявляется в деятельности, а именно: в умении оказывать психологическое воздействие на партнеров по общению и организовывать отношения сотрудничества. Способность к сотрудничеству предполагает умение формулировать собственную точку зрения, регулировать конфликт и находить компромиссные решения.

Примером совершенствования операционно-деятельностного компонента коммуникативной компетентности может служить совместное планирование воспитательного процесса в академической группе, когда будущие учителя на общем собрании группы упорядочивают перечень мероприятий, систематизируют их, на основе анализа и прогноза моделируют пути и способы достижения желаемого результата.

В процессе деятельности органов самоуправления будущему учителю ежедневно приходится решать различные коммуникативные задачи. Положение ответственного за какой-нибудь участок работы развивает инициативу и реализует потребность в социально-значимой деятельности. Участие в органах самоуправления создаёт такие ситуации, когда студент постоянно меняет свои роли от организатора до подчинённого. Он учится строить свои отношения в зависимости от своего положения и ситуации. Так, будущие учителя совершенствуют операционно-деятельностный компонент коммуникативной компетентности.

Третий компонент – *аффективный* (эмоциональный) – проявляется в разнообразных эмоциональных состояниях, способности к эмпатии, удовлетворенности партнером, общением, собой, в эмоциональной чувствительности и характеризуется наличием у будущего учителя конфликтологической грамотности. Конфликтологическая компетентность занимает важное место в системе коммуникативной компетентности будущего учителя, так как профессия педагога по своей сути является достаточно конфликтной. Вот почему огромную роль в формировании опыта отношений играет сама позиция личности будущего учителя и ее частное проявление – конфликтная позиция. Принимаемая позиция, как отмечают А. А. Бодалев, служит показателем успешности личности, а также фактором успешного развития личностью конфликтного отношения.

На тесную связь конфликтологической компетентности с коммуникативной указывает И. И. Рыданова. Конфликтная ситуация является, как считает ученый, "всегда экстраординарной", и "перевод ее в русло продуктивного взаимодействия требует от педагога творческого подхода, высокой коммуникативной компетентности, преодоления стереотипов авторитарной педагогики" [1, с. 135]. Конструктивно разрешаемые конфликты позитивно сказываются как на профессиональном росте учителя, так и на личностном развитии учащихся. Следовательно, будущим учителям важно быть готовым к конфликтным ситуациям в профессиональной деятельности и не бояться их, а находить конструктивные решения. Для этого им нужно обладать высокой конфликтологической коммуникативной компетентностью.

В процессе деятельности органов студенческого самоуправления совершенствуется операционно-деятельностный и аффективный компоненты коммуникативной компетентности следующим образом:

- развивается способность к продуктивному общению и сотрудничеству через деятельность временных и постоянных органов самоуправления;
- совершенствуются умения вступать в контакт с любой аудиторией (студентами, преподавателями, администрацией университета и т. д. ) при решении текущих вопросов и проблем;
- развиваются умения мотивировать и аргументировать свою позицию во время общих собраний и при анализе проведенных дел и мероприятий;
- будущие учителя учатся учитывать другую точку зрения при принятии решений, продуктивно решать сложившиеся конфликтологические ситуации;
- будущие учителя приобретают умения адекватно реагировать на любую ситуацию в учебно-воспитательном процессе.

При таких условиях значительно расширяется и активизируется коммуникативное взаимодействие внутри академической группы, на факультете и в вузе.

Особенность формирования поведенческого аспекта, как подчеркивает Ф. В. Кадол, состоит в возможности влияния разнообразных видов деятельности на нравственные навыки и привычки. Так, для формирования основополагающих видов моральных отношений или личностных качеств существуют наиболее характерные виды деятельности. Например, положительное отношение к людям формируется именно в процессе общения, но только при правильно организованном и "имеющем социально-значимые цели и личностный смысл и значение" [6, с. 221]. Соответственно, не любое общение будущих учителей способно формировать коммуникативную компетентность. Деятельность же органов студенческого самоуправления связана с организацией такого взаимодействия и общения, которые затрагивают потребностно-мотивационную сферу личности будущего учителя, а следовательно, обладают личностным смыслом и значением, и направлены на реализацию социально-значимых целей.

*Ценностно-личностный* компонент, как отмечает Л. Н. Тимашкова, включает в себя гуманистические ориентации, коммуникативные ценности, обеспечивающие готовность будущих учителей к диалогическому общению. Неслучайно особую актуальность сегодня приобретает гуманистические концепции воспитания и обучения (педагогика ненасилия, педагогика сотрудничества, концепция личностно-ориентированного воспитания). Сформированность ценностно-личностного компонента коммуникативной компетентности будущего специалиста позволит ему реализовать на практике гуманистический принцип К. Роджерса, который направлен на принятия учащегося таким, каков он есть, и установить с ним доверительные отношения.

Развитие коммуникативной компетентности будущих учителей, по мнению Л. Н. Тимашковой, происходит при постоянном осмыслении, анализе собственной педагогической деятельности, поступков, поведения. Осознание, критический анализ, определение путей конструктивного совершенствования своей деятельности осуществляется, по мнению автора, с помощью коммуникативной рефлексии, которая также является частью коммуникативной компетентности будущего учителя [7]. Коммуникативную рефлексию в психолого-педагогической науке рассматривают в связи с проблемами социальной перцепции и эмпатии в общении. Она выступает как важная составляющая развитого общения и межличностного восприятия [8, с. 7], а следовательно, неотъемлемой частью коммуникативной компетентности будущего учителя. Способность будущего учителя к рефлексии во многом определяет характер его общения и взаимоотношения с учениками, коллегами, родителями и влияет на совершенствование его коммуникативной компетентности.

Студенческое самоуправление выступает такой самоорганизацией деятельности студентов, которая максимально направлена на выявление и реализацию творческих способностей студентов, формирование нравственных качеств, усиление ответственности каждого за результаты своего труда. Термин "самоорганизация" подразумевает, что студенты сами организуют деятельность в своем коллективе и именно такую, которая соответствует их потребностям. Только при таких условиях в процессе участия в самоуправлении происходит накопление нравственного опыта будущего учителя, выработка определённых ориентаций и установок

личности на активную общественно-политическую деятельность, что непосредственно связано с развитием *ценностно-личностного компонента* коммуникативной компетентности.

Если будущие учителя на протяжении всей своей учебы в вузе принимают активное участие в органах самоуправления, у них устанавливаются партнерские отношения с преподавателями и однокурсниками, они учатся аргументировать свою точку зрения и внимательно прислушиваться к позиции других, что создает предпосылки для нравственного развития будущих учителей на основе гуманистических ценностей. Уважение к окружающим (сначала к однокурсникам и преподавателям, а потом к своим ученикам), как подчеркивают сторонники "гуманистического образования" (И. И. Цыркун, Е. И. Карпович, Д. И. Водзинский, А. А. Грималь, Л. Н. Тихонов), порождает у них самоуважение. В своей профессиональной деятельности такие учителя готовы к открытому диалогу со своими учениками, у них развита эмпатия. Эти личностные качества позволяют будущим учителям воспринимать своих учеников как активных субъектов учебной деятельности, что позволяет качественно повысить уровень знаний воспитанников. Итак, обладая эмпатией, искренностью, ощущением собственной ценности и готовностью относиться к учащимся на позитивной основе, учителя способны к эффективному взаимодействию с учащимися, то есть влиять на самосознание школьников и становление их личности, могут научить их верить в себя, справляться с трудностями и в полной мере реализовать свои возможности в учебе [5]. Таким способом через участие в органах студенческого самоуправления происходит формирование всех четырех компонентов коммуникативной компетентности будущего учителя.

Введение самоуправления предполагает формирование нового подхода к характеру общения администрации, преподавателей и студентов. Оно неразрывно связано с расширением прав и обязанностей вузовских коллективов и не в последнюю очередь с перестройкой мышления преподавателей и студентов-будущих учителей, их психологии, с переходом от монологических форм общения с аудиторией к живому творческому диалогу и установлению партнерских отношений. Более того, это позволяет реализовать принцип педагогики сотрудничества (К. Роджерс, Ш. А. Амонашвили, А. В. Мудрик, Е. В. Бондаревская), где первостепенное значение придается процедуре доверительного общения воспитанников с преподавателем и отдается предпочтение эмпатийному слушанию. Только принятие воспитанника таким, каков он есть, делает процесс сближения "реального-Я" и «идеального-Я» безболезненным и результативным. А для успешной реализации этого принципа будущему учителю, безусловно, необходимо обладать высокой коммуникативной компетентностью.

Самоуправление – наиболее демократичное решение всех вопросов жизни студенческого коллектива, его нельзя навязать извне. Администрация вуза может гарантировать условия деятельности самоуправления, пустить же его в ход могут только сами студенты. Вместе с тем нельзя абсолютизировать студенческое самоуправление. Его полномочия необходимо рассматривать как самоуправленческие начала, которые должны рационально сочетаться с полномочиями администрации вуза. Причём административное и студенческое самоуправление обязаны не исключать, не дублировать друг друга, а взаимодополнять.

Оценивая реальное состояние студенческого самоуправления, можно выделить главные проблемы, мешающие его развитию. К их числу относятся: низкий уровень информированности студентов в вопросах самоуправления, невысокий авторитет полномочий самоуправления у профессорско-преподавательского состава и администрации вузов, неиспользование самоуправления как средства развития коммуникативной компетентности будущего учителя. На данном этапе процесс вовлечения студентов в самоуправления имеет крайне неразвитый практический опыт и богатую перспективу своего развития, требующую осмысления и обоснования конкретных путей решения.

Обобщая возможности влияния студенческого самоуправления на формирование коммуникативной компетентности будущего учителя, можно сделать следующие выводы:

1. Самоуправление следует рассматривать не только как способ организации студенческого коллектива, но и как средство формирования профессиональной компетентности будущего учителя, основой которой выступает коммуникативная.

2. В процессе функционирования студенческого самоуправления формируются ценностно-мотивационный, когнитивный, аффективный и операционно-деятельностный компоненты коммуникативной компетентности. Это позволяет сделать вывод, что студенческое самоуправление оказывает профессионально-формирующее влияние на коммуникативную компетентность будущего учителя.

3. Процесс самоуправления способствует реализации педагогики сотрудничества, в основе которой лежит установление партнерских отношений между студентами и профессорско-преподавательским составом и развитие направленности личности будущего учителя на диалогическое общение со своими воспитанниками.

**Резюме.** В статье раскрывается сущность понятий коммуникативная компетентность будущего учителя и студенческое самоуправление. Детальное исследование структуры коммуникативной компетентности будущего учителя позволяет проследить, как происходит влияние студенческого самоуправления на отдельные компоненты этого профессионально важного личностного качества. Актуальность данной работы в том, что самоуправление не рассматривалось ранее в качестве одного из главных условий формирования коммуникативной компетентности будущего учителя.

**Abstract.** In this article the author reveals the essence of concepts "communicative competence" and "students' self-governing". Detailed examination of the structure of future teacher's communicative competence allows to trace the students' self-governing influence on different components of this important professional quality. This problem is very urgent because students' self-governing has never been used as one of the main means of forming of future teacher's communicative competence.

### Литература

- 1 Рыданова, И. И. Основы педагогики общения / И. И. Рыданова. – Мн: «Беларуская навука», 1998. – 319с.
- 2 Исаева, Т. Е. Классификация профессионально-личностных компетенций вузовского преподавателя / Т. Е. Исаева // Педагогика. – 2006. – №9. – с. 55-60
- 3 Жук, О. Л. Педагогика. Практикум на основе компетентностного подхода. Учебное пособие для аспирантов и студентов высших учебных заведений/О. Л. Жук, С. Н. Сиренко. – Мн. : РИВШ, 2007. – 182 с.
- 4 Мудрик, А. В. Общение школьников / А. В. Мудрик. – М. : изд-во "Знание". – 1987. – 80с.
- 5 Гатальская, Г. В. Психолого-педагогические факторы, определяющие характер эффективного педагогического воздействия: дис. ...канд. пед. наук: 13. 00. 01 / Г. В. Гатальская. – Минск, 1997. – 215 с.
- 6 Кадол, Ф. В. Честь и личное достоинство старших школьников: теория и методика формирования [Монография] / Ф. В. Кадол. – Гомель, 2002. – 282 с.
- 7 Тимашкова, Л. Н. Формирование коммуникативной компетентности будущих педагогов /Л. Н. Тимашкова. – Мн, 2003. – 121 с.
- 8 Кожуховская, Л. С. Рефлексия в вопросах и ответах (на примере преподавания культурологических дисциплин) / Л. С. Кожуховская, И. В. Орлова, Н. В. Масюкевич. – Мн. : РИВШ, 2007. – 127 с.

## ЭКОНОМИКА

---

---

УДК 338.24.01:378

### Формирование системы управления качеством высшего образования

А. В. КАЗАНСКИЙ

#### Введение

Сегодня перед нашим государством стоит задача перехода на инновационный путь развития, который понимается как процесс получения новых знаний о человеке, природе, обществе, технике, коммерческом использовании новых знаний для производства новой конкурентоспособной продукции, технологий, услуг, систем управления, с целью получения экономического, социального, экологического эффекта. При этом принципиальным становится вопрос: «Что является фундаментом инновационного процесса и как его стимулировать?»

Для мирового сообщества эти вопросы не новы, ответ на них содержит теория человеческого капитала, которая утверждает, что инвестиции в человека, его образование приводят к развитию высокотехнологичного производства, экономики. Инновационный путь развития неразрывно связан с научной деятельностью, как в научных организациях, вузах, так и на производстве. Качество научной деятельности находится в прямой зависимости от кадрового потенциала науки. А в целом, фундаментом инновационной экономики являются качественные трудовые ресурсы.

Подготовку высококвалифицированных кадров для инновационной экономики, науки осуществляет высшее образование, при оценке которого центральным вопросом является качество.

#### Основная часть

В Республике Беларусь повышению качества товаров и услуг уделяется особое внимание. Указом Президента Республики Беларусь № 671 от 31 декабря 2009г. 2010 год в Республике Беларусь объявлен Годом качества. Это не случайно, качество производимых товаров и услуг определяет конкурентоспособность экономики на внутреннем и внешнем рынках. В Республике Беларусь ежегодно снижается доля экспорта товаров, произведенных на основе использования высоких технологий, ВВП на единицу потребляемой электроэнергии значительно ниже, чем в европейских странах, требует укрепления научно-исследовательский персонал, количество работников, занимающихся НИР, значительно ниже аналогичного показателя в европейских странах.

Во многом решение перечисленных проблем связано с качеством образования кадрового потенциала реального сектора экономики, качеством высшего образования. Поэтому решение проблем повышения качества высшего образования сегодня актуально, как для самой отрасли, так и реального сектора экономики.

Важнейшей составляющей системы государственного регулирования высшего образования является механизм контроля качества образования. В Республике Беларусь создан такой механизм. Он основан на государственной политике в сфере высшего образования, сформированной на принципах, определенных Законом Республики Беларусь "Об образовании", и направленной на обеспечение в том числе качества высшего образования. Государственный кон-

троль качества образования – систематическая деятельности по установлению соответствия содержания и требований к образованию, предоставляемому учреждениями образования в соответствии с законами, нормативными актами, образовательными стандартами.

Субъектами, формирующими механизм государственного контроля качества образования, являются Президент Республики Беларусь, Правительство Республики Беларусь, Министерство образования. Практическую деятельность осуществляет Департамент контроля качества образования Министерства образования.

Объектом государственного контроля качества образования являются образовательные услуги, предоставляемые учреждениями высшего образования.

Нормативно-правовая база включает законы «Об образовании», «О высшем образовании», положения «О государственном контроле за обеспечением качества образования в Республике Беларусь», «О лицензировании образовательной деятельности», «О порядке проведения государственной аккредитации учреждений образования Республики Беларусь».

Для обеспечения качества высшего образования приняты образовательные стандарты высшего образования. Образовательные стандарты разрабатываются Министерством образования Республики Беларусь с участием учебно-методических объединений. Статья 11 Закона Республики Беларусь «Об образовании» отводит государственным образовательным стандартам следующую роль: государственные образовательные стандарты Республики Беларусь содержат нормирование структуры, обязательный минимум содержания образования, максимальный объем учебной нагрузки обучающихся, уровень подготовки выпускников, критерии оценки качества образования. Стандарты дают следующее определение качеству высшего образования: соответствие высшего образования (как результата, как процесса, как социальной системы) потребностям, интересам личности, общества, государства. Таким образом, качество образования понимается двояко: с одной стороны, как соответствие деятельности учреждения образования требованиям законодательных и иных нормативных актов, с другой стороны, как соответствие содержания, уровня и качества подготовки выпускников образовательным стандартам, т.е. потребностям, интересам личности, общества, государства.

Государственный контроль предусматривает следующие процедуры и инструменты: самоконтроль, инспектирование и аттестация. Помимо этого, проводится лицензирование и аккредитация учебных заведений.

Аттестация – процедура контроля, включающая комплексную проверку и оценку деятельности учреждения образования на соответствие требованиям законодательных и иных нормативных актов, соответствие содержания, уровня и качества подготовки выпускников требованиям образовательных стандартов.

Государственная аккредитация – процедура, подтверждающая соответствие содержания и качества образовательной деятельности, проводимой в учреждениях образования, уровня подготовки выпускников требованиям образовательных стандартов. По результатам аккредитации принимается решение о подтверждении или лишении учебного заведения государственной аккредитации, дается право на выдачу выпускникам документов об образовании единого государственного образца.

Лицензирование образовательной деятельности – процедура получения вузом разрешения (лицензии) на образовательную деятельность при условии выполнения лицензионных требований.

Анализируя сущность процедур государственного контроля качества образования, можно сделать вывод о том, что они взаимосвязаны. Все процедуры ориентированы на выполнение законодательства и нормативных документов, материальное обеспечение, кадровое обеспечение, библиотечное обеспечение, организацию учебно-воспитательного процесса. Однако, как показал анализ, эти процедуры недостаточно четко регламентированы, многие пункты этих процедур могут трактоваться субъективно. Так, например, в отношении срока действия лицензии – лицензия выдается сроком на 5 лет, срок действия лицензии по его окончании может быть продлен по заявлению лицензиата на 5 лет нет ясности, что является критерием для продления лицензии, а не прохождения повторной процедуры лицензирования.

Нечетко определена необходимость проведения аккредитации. Если учреждение образования по итогам аттестации подтвердило высокий уровень подготовки специалистов, то при его аккредитации на соответствие установленного типа учреждения образования могут использоваться материалы аттестации, но при этом нет четкого описания критериев высокого уровня подготовки.

Нет ясности и в отношении необходимости прохождения очередной аттестации. Если учреждение образования в отдельных случаях может быть аттестовано на основании положительной оценки компетентным органом по результатам самоконтроля и мониторинга и при условии устранения замечаний и выполнения предложений, изложенных в заключении предыдущей аттестации, а также обеспечения качества образования на протяжении последних 3-5 лет, то не ясно в каких отдельных случаях возможна аттестация и какие конкретные критерии обеспечения качества используются.

Следует также отметить, что самоконтроль не может быть процедурой государственного контроля, кроме того, процедуры государственного контроля качества образования не полностью отвечают принципам контроля: простоты, экономичности, унификации, объективности, постоянства, оперативности, всесторонности, полноты. С точки зрения простоты и экономичности, процедуры контроля достаточно сложны и многостадийны. Что касается организации контроля, то департаментом контроля качества образования могут формироваться различные комиссии, но не оговорены сроки их действия.

С точки зрения унификации, объективности оценки качества знаний студентов при аттестации, отсутствуют единые задания для всех учебных заведений, единые критерии оценки, не зависящие от субъекта контроля, что не позволяет объективно подойти к оценке уровня подготовки выпускников конкретного вуза и сравнить его с уровнем подготовки в другом вузе.

С точки зрения постоянства осуществления контроля над качеством знаний студентов, тоже имеются определенные проблемы: если аттестация и аккредитация проводятся совместно, то данный вид контроля может проводиться один раз в пять лет, причем контролируются знания студентов только 3 и 5 курсов. Такой инструмент, как итоговая аттестация лиц, получающих высшее образование, в форме государственного экзамена, который проводится у студентов выпускного курса, не совсем эффективен и объективен. Его принимают комиссии с участием преподавателей, обучавших студентов, по заданиям, подготовленным в университете, данная процедура в нормативных документах, касающихся государственного контроля качества образования, не прописана.

Достаточно сложно обеспечить оперативность контроля без использования соответствующих информационных технологий оценки знаний и умений, а они не предусмотрены.

С точки зрения всесторонности и полноты контроля, четко не оговорены критерии оценки таких показателей, как выполнение законодательства об образовании, организации воспитательной работы. Серьезной проверки навыков руководства, практических навыков и умений государственная система контроля качества не предусматривает, неплохая теоретическая подготовка соседствует со слабыми навыками в практической области.

Современный подход оценки качества образования как способности удовлетворять потребность в образовательной услуге, заложенный в образовательные стандарты, сегодня применяется недостаточно, в состав аттестационных комиссий включаются представители заказчиков, могут анализироваться результаты защиты дипломных проектов, замечания председателей ГЭК – представителей производства, однако эта деятельность не системна. Отсутствуют методика и механизм изучения удовлетворенности со стороны производства. Оценка качества с этих позиций затруднительна. Недостаточно развитый механизм взаимодействия вузов и предприятий-заказчиков не позволяет предприятиям влиять на содержание учебных планов и рабочих программ. Во многих вузах отсутствуют структуры, предназначенные для контроля качества образования, в итоге качество знаний становится наиболее актуальным и проблемным вопросом накануне очередной аттестации вуза.

Таким образом, государственную систему контроля качества образования необходимо совершенствовать с тем, чтобы она была системной и была увязана с принципами организации контроля.

Создание системы управления качеством образования необходимо вести по двум направлениям: совершенствование механизма государственного контроля качества образования и создание вузовских систем менеджмента качества (СМК). Создание СМК позволит перенести большую часть деятельности по контролю качества образования на уровень вуза и управлять им в соответствии с имеющимися ресурсами.

Управление качеством подразумевает использование и других функций управления, кроме контроля и целеполагания (в виде образовательных стандартов). Хотя и контроль, который понимается как сравнение достигнутого с запланированным, в существующей системе не может быть реализован объективно, т.к. запланированное качество образования сегодня измерить невозможно и соответственно судить о его достижении невозможно. Функции управления помимо целеполагания и контроля, активно реализуемые в СМК:

- учет – получение всеобъемлющей информации о процессе, его входе, выходе, в СМК большинство показателей вуза постоянно измеряется;

- анализ, основанный на процессном подходе, подразумевает изучение влияния внутренних и внешних факторов на процесс;

- регулирование процесса, производится в случае отклонения итогового значения показателя на выходе от планируемого;

- мотивация в СМК состоит в лидерстве руководителя и вовлечении всех работников в процесс достижения целей;

- организация, процессы и процедуры четко документируются, устанавливаются полномочия, права и ответственность каждого участника процесса.

На основе всего вышеизложенного для совершенствования механизма государственного контроля качества представляется необходимым:

- упростить процедуру контроля качества образования, объединив показатели аттестации, аккредитации и лицензирования. Проводить эту первую процедуру государственного контроля качества образования раз в пять лет в виде аттестации. При условии успешного ее прохождения автоматически выдавать учебным заведениям лицензию на право образовательной деятельности и аккредитовывать их. Аттестацию открываемых специальностей проводить в форме контроля знаний студентов на 3 курсе и государственного экзамена на 5 курсе;

- реформировать систему государственных экзаменов: вторую процедуру контроля качества образования проводить ежегодно на пятом курсе в виде государственного экзамена по специальности во всех вузах одновременно, по единым тестам для учебных заведений одного профиля;

- включить наличие СМК как одного из критериев при проведении процедуры государственного контроля качества образования.

Результаты процедур контроля качества образования можно будет использовать при распределении государственного заказа на подготовку специалистов с высшим образованием. Создание системы единого государственного экзамена позволит получить объективную, комплексную оценку образовательной деятельности вузов, даст возможность составить рейтинг университетов по качеству образования для потребителей образовательных услуг.

Одной из важнейших задач создаваемых СМК является повышение уровня удовлетворенности потребителей образовательных услуг, процессный подход подразумевает его измерение и управление им. Потребителями образовательных услуг являются граждане, получающие высшее образование, но главный потребитель – предприятия, на которые трудоустраиваются выпускники вузов. Первое направление исследований на предприятиях и в организациях – это измерение удовлетворенности качеством подготовки молодых специалистов. Для этого целесообразно проводить социологические исследования с привлечением следующих категорий работников: главных специалистов, руководителей подразделений, отделов кадров, руководителей практик студентов, руководителей дипломных проектов студентов, членов ГЭК по защите дипломных проектов, руководителей служб занятости и кадровых агентств. В основу анкет должны быть заложены требования к уровню подготовки

выпускника (компетенции), предусмотренные образовательными стандартами. Измерение удовлетворенности потребителей вузовскими учебными планами и рабочими программами, материальной базой и образовательными технологиями – второе направление исследований. Третье направление – измерение удовлетворенности образовательными услугами работающего выпускника. Акцент данного исследования должен быть сделан на изучение соответствия полученных образовательных услуг потребностям производства.

Работа, которую необходимо проводить в вузе для анализа удовлетворенности потребителей образовательных услуг:

- анализ макроэкономических процессов, занятости населения;
- анализ структуры безработных, состоящих на учете в службе занятости;
- анализ заявок на распределение выпускников, степени их удовлетворения, размера заработной платы, предлагаемой выпускнику;
- изучение кадрового состава руководителей предприятий региона, информации об их образовании;
- анализ структуры лиц, проходящих повышение квалификации и переподготовку;
- создание клубов выпускников, формирование банков данных, характеризующих карьерный рост выпускников, выявление доли работающих по полученной в вузе специальности среди всех выпускников;
- анализ проходного балла по специальностям;
- проведение встреч с абитуриентами, студентами и их родителями;
- размещение на форуме сайта университета информации, связанной с удовлетворенностью образовательными услугами потребителей, качеством образовательных услуг;
- изучение информации в СМИ о занятости, вузе, его выпускниках;
- анализ результатов участия студентов в республиканских и международных конкурсах СНИР, конференциях, олимпиадах.

Необходимо учитывать, что в большинстве случаев университет может удовлетворить потребности и предоставить качественные образовательные услуги, но в ряде случаев они не востребованы либо сложно их оценить:

- у студентов отсутствует мотивация качественно учиться, если получающие специальность не предполагают работать после окончания вуза по этой специальности;
- отсутствует мотивация производительного труда молодого специалиста, при его распределении на предприятие с непривлекательными условиями труда, где он не желает работать более двух лет;
- на предприятии с устаревшими технологиями, где современные знания выпускника не находят применения.

Исходя из этого, при оценке удовлетворенности образовательными услугами необходимо ориентироваться на предприятия, обладающие высоким научно-техническим потенциалом, имеющие высокие социальные гарантии.

### Заключение

Реализации предложений по созданию механизма управления качеством образовательных услуг через совершенствование процедуры государственного контроля качества, перенесение основной работы по обеспечению контроля качества на создаваемые СМК, позволит учебному заведению через систему менеджмента качества оперативно регулировать учебно-воспитательный процесс с целью улучшения качества услуг и учета требований потребителей.

**Резюме.** В статье описана существующая система государственного контроля качества высшего образования, даны предложения по созданию механизма управления качеством образования на основе внедрения систем менеджмента качества вуза, совершенствованию существующей процедуры государственного контроля качества образовательных услуг.

**Abstract.** In the article the present system of state control of higher education quality is described. The suggestions are given to create the mechanism of management of education quality on the base of implementation of the system of university quality control and to improve the present procedure of state control of educational services quality.

### Литература

1. Доклады ООН о развитии человека за 2002-2008 годы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2002-2008/> – Дата доступа: 18.11.2009 г.
2. Коммюнике <http://www.bologna.spbu.ru/documents/berl.doc> 07.12.2009
3. Закон «Об образовании» в редакции от 11.07.2007 №253-3;
4. Закон «О высшем образовании» в редакции от 11.07.2007г. №252-3
5. Положение «О государственном контроле за обеспечением качества образования в Республике Беларусь», утвержденное Постановлением Министерства Образования Республики Беларусь от 30.09.2002 №39;
6. Положение «О лицензировании образовательной деятельности», утвержденное Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17.10. 2003г. № 1348;
7. Положением «О порядке проведения государственной аккредитации учреждений образования Республики Беларусь», утвержденное постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11 сентября 2002 г. №1239.

УДК 339.9:001.11

## Глобализация: сущность, временные границы, экономические последствия

Л. М. КРАВЕЦ

Термин «глобализация» является одним из самых обсуждаемых на рубеже тысячелетий. Исследованию глобализации посвятили свои труды такие выдающиеся ученые, как Дж. Гэлбрейт, У. Бек, И. Валлерстайн, М. Кастельс, Дж. Сорос, Дж. Стиглиц, С. Хантингтон и многие другие. Различные стороны процесса глобализации изучены российскими исследователями Г. Дилигенским, В. Коллонтаем, Н. Косолаповым, В. Кузнецовым, И. Лукашук, В. Толстых, А. Уткиным, Р. Хасбулатовым, М. Чешковым, А. Чумаковым, Ю. Шишковым и рядом других. Среди белорусских ученых можно назвать В. Чуешова, который возглавил авторский коллектив по исследованию глобализации с философской точки зрения [1]. Известна в научном мире и оригинальная концепция глобализации украинского ученого С. Удовика, особенностью которой является совмещение философско-исторического подхода к изучению глобализации с подходом с позиций философии культуры [2].

Несомненно представляет научный интерес систематизация основных точек зрения ученых на сущность глобализации, выделение наиболее существенных ее характеристик и тех последствий, которые она влечет за собой и которые необходимо учитывать при определении направлений развития экономики государства.

Обращение к этимологии слова «глобализм» показывает его связь с латинским существительным *globus* – земной шар. Исследователи считают, что первым термин «глобализация» в научных публикациях стал широко использовать профессор Гарвардской школы бизнеса Теодор Левитт [3].

Глобализация представляет собой комплексный феномен, который охватывает все сферы жизнедеятельности человека и имеет глубокое философское содержание. «Глобализация есть явление политическое, технологическое и культурное так же, как и экономическое», – отмечает Э. Джидденс [4]. Однако, «...основные импульсы глобализации действительно идут от экономики», считает В. Медведев [5].

Существует множество определений понятия «глобализация», которые даются с позиций экономического, философского, социологического, культурологического, правового и иных подходов.

Философы исследуют глобализацию с точки зрения многомерной природы социального бытия. «Глобализация, – считает А. Чумаков, – во-первых, многоаспектный, во-вторых, естественноисторический, в-третьих, процесс, результат и их теория, в-четвертых, прогресс формирования целостных, охватывающих всю планету (глобус) структур и связей, которые имманентно присущи мировому сообществу людей, охватывают все его основные сферы и проявляются тем сильнее, чем дальше человек продвигается по пути научно-технического прогресса и социально-экономического развития» [6].

Социологи соотносят глобализацию с развитием сообщества людей как единого целого. У. Бек, известный немецкий социолог, проводит разграничение между глобализмом, с одной стороны, глобальностью и глобализацией – с другой. Понятие глобализма он сводит к экономическому измерению, линейному непрерывному расширению всякого рода зависимости от мирового рынка. Под глобальностью им понимается жизнь в мировом сообществе, где ни одна страна или группа стран не может отгородиться друг от друга. Глобализация, по мнению ученого, есть процесс подчинения суверенитета национальных государств властным возможностям транснациональных акторов [7]. Гуманистически пафосную трактовку дает В. Кузнецов, который видит отдаленную идеальную цель глобализации в «создании единого

мирового сообщества людей, которые будут следовать приблизительно одинаковым жизненным установкам и максимизировать свое благосостояние не за счет других представителей человеческого рода и не в ущерб им» [8].

Культурологи связывают проявление глобализации с вестернизацией культуры: «глобализация – это взаимодействие государств, народов, этносов, социальных общностей в единой системе отношений на планетарном уровне, – это система открытого культурного обмена, заимствования образцов поведения и адаптация культурных стереотипов к условиям глобального бытия...» [9].

Правоведы соотносят глобализацию с формированием юриспруденции в современном ее значении. Так, Е.Смирнова выделяет три этапа правовой глобализации: использование обычая, выделение (закрепление) закона, формирование национальных и межнациональных конституций [10].

Имеются информационно-технологические подходы к объяснению процессов глобализации. Так, М. Делягин под глобализацией понимает «процесс формирования единого общемирового финансово-информационного пространства на базе новых, преимущественно компьютерных технологий» [11]. По мнению ученого, глобализация является процессом формирования и развития единого финансово-экономического и информационного мирового пространства. Это пространство характеризуется очень быстрым перемещением капиталов и абсолютной доступностью информации. М. Кастельс видит в основе глобализации информационную экономику и «сетевое общество» [12].

С точки зрения экономистов, глобализация – многомерный, многоаспектный процесс. Э. МакГрей и П. Льюис подчеркивают, что «глобализация характеризует множество взаимосвязей и зависимостей между государствами, фирмами, сообществами людей, которые образуют современную мировую экономическую систему. Она описывает процесс, в результате которого события, решения и действия, предпринимаемые в одной части света, имеют важнейшие последствия для людей и сообществ в совершенно других его частях» [13].

К. Оман определяет глобализацию как центробежный, ускоряющийся процесс расширения экономического пространства. «Глобализация, – пишет он, – означает рост, а точнее, ускорение хозяйственной деятельности, это находит выражение в растущем потоке реальных и виртуальных товаров и услуг, включая права собственности, перемещающихся посредством торговли и инвестиций, а также потоке людей, мигрирующих между странами. Этот поток еще более форсируется снятием официальных барьеров и технологическим прогрессом, особенно заметным в средствах сообщения и коммуникаций» [14]. Близкое по духу определение дает Д. Гелд: «глобализация может рассматриваться как процесс трансформации пространственной организации общественных отношений и всего мирового хозяйства, оцениваемый в терминах экстенсивности, интенсивности, скорости и силы, генерирующий транснациональные и межрегиональные потоки, сетевое развитие и взаимодействие; демонстрирующий новый образ власти» [15].

И. Лукашук полагает, что «глобализация представляет собой всемирный процесс, взаимосвязывающий национальные социально-экономические образования в единую мировую и общественную систему. Социальная, экономическая и политическая деятельность обретают мировой масштаб в такой мере, что события в одной части мира могут иметь немедленное значение для отдельных лиц и их объединений в самых отдаленных частях глобальной системы» [16]. Ю.Шишков считает, что «глобализация – это постепенное преобразование системы межгосударственных или межстрановых отношений в негосударственные или внестрановые отношения» [17].

Многие исследователи в своих определениях отражают качественные стороны процесса глобализации экономики. Так, М. Кастельс определил глобализацию как «новую капиталистическую экономику», в которой информация, знания и информационные технологии являются главными источниками роста производительности и конкурентоспособности. Эта новая экономика, по мнению ученого, организуется преимущественно через сетевую структуру менеджмента, производства и распределения, а не отдельных фирм, как раньше [18].

Дж. Сорос определяет глобализацию как процесс развития глобальных финансовых рынков и повышения роли транснациональных корпораций, их усиливающегося доминирования над национальными экономиками [19]. Этой же позиции придерживается и У. Милберг, который считает, что определяющим в глобализации является «господство ТНК и финансовых институтов, оперирующих независимо от государственных границ или внутренних экономических соображений» [20].

В словаре Б. Райзберга, Л. Лозовского и Е. Стародубцевой дано такое определение: «Глобализация экономики – усиление взаимосвязей, взаимодействий и взаимозависимости экономик, экономических систем разных стран мира; интернационализация производства и капитала, ведущая к установлению идентичных норм и условий ведения хозяйственной деятельности в странах, различающихся уровнем развития, видом общественно-политической и социально-экономической системы» [21].

В связи с этим возникает вопрос о сопоставлении и разграничении понятий «интернационализация» и «глобализация».

Большинство отечественных и зарубежных ученых рассматривают глобализацию как качественно новый шаг по сравнению с интернационализацией. Так, П. Ратленд считает, что «глобализация пришла на смену модернизации, которая была стадийной теорией истории». Под модернизацией П. Ратленд понимает, по сути дела, интернационализацию (если первое понятие, по его мнению, акцентирует внимание на технологических и социальных аспектах развития, то второе – на преодолении пространственных барьеров) [22].

Н. Косолапов пишет, что «интернационализация – историко-революционная подготовка глобализации, прямое и непосредственное преддверие последней» [23]. Эту же позицию занял в своей публикации и В. Медведев: «Глобализация есть не что иное, как проявление постиндустриальной стадии развития экономики и общества в отношениях между странами мира. Это – новая ступень интернационализации общественной жизни – экономических, политических, социокультурных, экологических, демографических связей между народами. Это новая эпоха в экономической истории человечества» [5].

В. Коллонтай определяет происходящие сегодня процессы, как часть длительного исторического перехода «от эпохи интернационализации хозяйственной, политической и культурной жизни (когда превалируют взаимоотношения между самостоятельно развивающимися странами) к глобализации (когда формируется новый системный уровень человеческой общности с его собственными закономерностями, движущими силами и механизмами регулирования» [24]. Здесь налицо не просто констатация наличия новой ступени развития, но и стремление определить набор ее качественных характеристик.

В. Толстых, сравнивая интернационализацию и глобализацию, пишет: «Интернационализация, устраняя барьеры на пути движения товаров, услуг, капитала и рабочей силы, выступает стартовой площадкой глобализации, которая, в свою очередь, завершает этот процесс и знаменует становление целостного (интегрального) мира» [25].

Разграничение этих явлений во времени проводит и Р. Хасбулатов. Он пишет, что глобализация «это более высокий этап интернационализации всех факторов производства (производительных сил), когда система международных экономических отношений буквально пронизывает все национальные экономики, укрепляя экономическую целостность мира» [26]. «Глобализация – объективный процесс в современных международных отношениях, высшая стадия интернационализации или взаимодействие национальных хозяйств на мировом рынке», считает и В. Дергачев [3].

Попытку условно отделить во времени глобализацию от других этапов развития экономики предпринимает И. Владимирова. Она рассматривает интернационализацию хозяйственной деятельности как длительный процесс, который в современной стадии принял форму глобализации. Схематично процессы, ведущие к экономической глобализации, она выражает взаимосвязанной цепочкой, представленной на рис.1, оговариваясь, что эта схема несколько упрощенно характеризует процесс интернационализации мировой экономики. И. Владимирова пишет: «В реальной действительности очень сложно выделить эти этапы в чистом виде,

можно выявить только определенные тенденции, и существуют несомненно как прямые, так и обратные связи между ними. Так, например, говоря о глобализации как необратимом и объективном процессе, имеем ввиду именно тенденцию развития, причем не всегда прямолинейную, а с зигзагами на определенных отрезках времени и с обратным движением. Процесс идет скорее по спирали, на очередном витке достигая развития на более высоком уровне» [27].

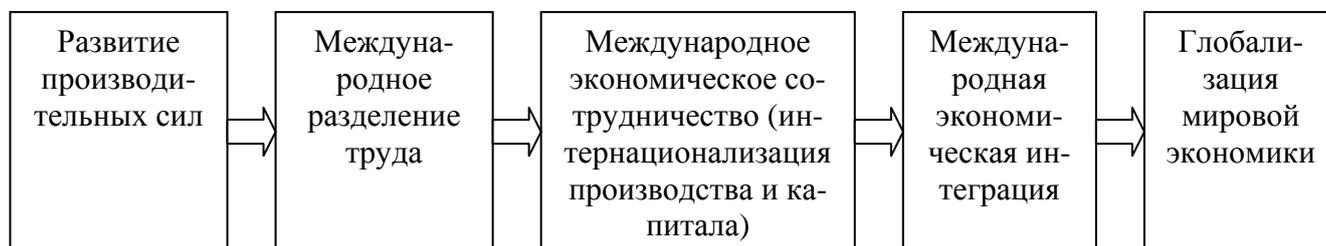


Рисунок 1 – Этапы интернационализации хозяйственной деятельности [27].

В специальной литературе имеют место и другие точки зрения. Так, Н. Загладин считает, что глобализация – это «новый этап мирового развития, характеризующийся резким ускорением темпов интернационализации всех сфер общественной жизни (экономической, политической, духовной)» [28]. В этом определении не отражен весьма существенный момент: суть вопроса не просто в ускорении темпов интернационализации, а в качественно новом этапе экономического развития, имеющем свои особенности и закономерности.

Тезис о качественно новом состоянии экономики выдвигает в своих публикациях Ю. Шишков: «Глубинная же сущность глобализации заключается в том, что при значительном сходстве с предыдущими периодами своей истории мировая экономика переходит в качественно новое состояние». Расшифровывая это положение, он выделяет три момента. Во-первых, превращение мирового экономического сообщества в целостную экономическую систему, где «национальные (страновые) социумы оказываются составными элементами единого всемирного экономического организма». Во-вторых, становление всемирных экономических отношений в качестве ведущих, определяющих, при этом внутривосточные отношения вынуждены приспособляться к реалиям глобальной экономики. Мировое хозяйство постепенно становится сильнее и значимее национальных хозяйств. В-третьих, размывание и обесценение регулирующих функций национального государства; международные экономические процессы из межстрановых превращаются в надстрановые [29].

Таким образом, глобализация мировой экономики – процесс увеличивающейся взаимозависимости экономик различных стран мира вследствие роста трансграничных перемещений товаров и услуг, экспорта капиталов, интенсивного обмена информацией и технологиями. По сути, глобализация является логическим продолжением растущей интернационализации хозяйственной жизни.

Важнейшим вопросом при теоретическом исследовании феномена глобализации является вопрос о ее временных границах в истории человечества. По этой проблеме сегодня в научной литературе существуют разные мнения. Сложилось две основные позиции, каждая из которых имеет свою аргументацию.

Одну из них условно можно назвать «расширительной» [30]. Ее сторонники считают глобализацию длительным многовековым процессом, начало которого датируют по-разному. Одни ученые – начиная с великих географических открытий. Так, Ф.Бродель и О. Дольфюс дают такую периодизацию глобализации:

- а) великие географические открытия и создание испанской и португальской колониальных империй;
- б) капиталистическая колонизация мира в XIX в.;
- в) современный этап [30].

Некоторые авторы начало глобализации ведут даже с древних империй. Наиболее последовательно эта позиция сформулирована Г. Зюгановым. По его мнению, начало глобали-

зации восходит к зарождению и первым шагам человеческой цивилизации. Далее – через завоевательные войны, синтез культур, образование и распад рабовладельческих империй – к следующему этапу глобализации, которым автор считает «развитие мирового рынка на базе капиталистического способа производства» или свободной конкуренции, а позднее – «на базе монополистического капитализма». Современный этап автор называет «стадией в развитии империализма». Г. Зюганов выделяет древнеперсидский, македоно-эллинистический, римско-имперский, халифатский, западно-христианский, восточно-христианский и другие «проекты глобализации» [30, 31].

В исследовании Д. Гелда глобализация анализируется в исторической последовательности, им выделяются следующие исторические эпохи:

- пре-модерн (до 1500 г.);
- ранний модерн (1500-1850 гг.);
- модерн (1850-1945 гг.);
- современность (с 1945 г. до настоящего времени) [15, 32].

Известный российский философ А. Чумаков выделяет пять этапов осмысления процесса глобализации (таблица 1) [6].

Таблица 1 – Этапы осмысления процесса глобализации согласно концепции А. Чумакова

Этап	Временной интервал	Характеристика
1	Вторая половина XVI века - 20-х гг. XX века	Осмысление социальных проблем ставшего целостным мира, замкнутого географически, политически и экономически.
2	20-60-е гг. XX века	Окончание замыкания мира в политическом и экономическом отношении и начало его экологического замыкания.
3	Конец 60-х – начало 80-х гг. XX века	Время исследования глобальных проблем современности, замыкание мира в информационном отношении.
4	Конец 90-х гг. XX века – начало XXI века	Связан с осмыслением не замкнутости мира, а именно его глобализации, которой соответствует цивилизационное замыкание мира.
5	С начала XXI века	Постглобализация, мир замкнется сначала идеологически, а затем и социокультурно, и будет сформирована новая единая целостность – глобальное человечество.

Примечание. Собственная разработка на основе [6].

По мнению ученого, формирование глобализации проходит ряд исторических этапов: географический, политический, экономический, экологический, информационный, цивилизационный, культурный, что может быть названо «объективной логикой глобализации». В концепции А. Чумакова проводится различие между процессом замыкания мира или распространения определенного типа связей и отношений, а также влияния на весь земной шар и его единством, которое предполагает сотрудничество, терпимое сосуществование индивидов, народов, стран и т.п. Российский ученый подчеркивал, что «по мере достижения все более высоких степеней интеграции и единения, интенсивность глобализации будет затухать, приближаясь к нулевому значению, тем больше, чем больше указанное единство будет становиться реальностью. По его мнению, глобализация, следовательно, является процессом, который имеет не только начало, но и конец [6].

Есть «промежуточная» позиция, сторонники которой говорят о двух волнах глобализации (или ее двух фазах). Этой точки зрения придерживается А. Уткин. Первая волна, по его

мнению, началась на рубеже XIX и XX вв. и продолжалась до 70-х годов XX в. При этом между первой и второй мировыми войнами этот процесс сошел на нет. Вторая волна («возрождение») началась с конца 70-х годов XX в., и связана она, с одной стороны, с революцией в средствах связи, развитием информатики, телекоммуникаций, цифровой технологии, что привело к «смерти» пространства, а с другой – с превращением мировой экономики в единую рыночную в результате победы «западной рыночной системы экономической организации» в соревновании с плановой экономикой [33].

Примерно такую же точку зрения выражает Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), выделив три этапа в процессе развития глобализации:

- интернационализация с середины XIX века, соответствующая развитию экспортных потоков;
- транснационализация после окончания Второй мировой войны, связанная с ростом прямых инвестиций и их размещением в зарубежных странах;
- глобализация с 80-х годов XX века, выражающаяся в развитии глобальных сетей производства, финансов и информации [3].

Но большинство исследователей придерживается того мнения, что глобализация как особое явление связана с теми изменениями, которые характерны для мировой экономики в последнюю четверть XX в. Если следовать объективной логике анализа и положить в основу определения временных границ глобализации возникновение новых экономических явлений, то следует считать, что процесс глобализации экономики ведет свое начало с 70-х годов XX века, а в конце 90-х годов он вступил в свою зрелую стадию. На этой стадии происходит своеобразное «стирание национальных границ», а мировая экономика постепенно приобретает общую основу, главными составляющими которой являются транснациональное производство, глобальная финансовая система, построенная на согласованных правилах система международной торговли, формирующееся единое информационное пространство.

Подход к глобализации как к качественно новому этапу в развитии мировой экономики ставит задачу определения тех принципиальных изменений, которые она вносит в содержание экономических процессов и категорий. Этот аспект глобализации является недостаточно исследованным. Среди ученых, представивших в своих трудах наиболее систематизированный перечень экономических последствий глобализации, можно отметить российских авторов В. Колтунова и К. Мальцева [30]. Основываясь на их исследовании, а также приняв во внимание научные выводы ряда других ученых, приведем в обобщенном виде наиболее ощутимые и значимые экономические последствия глобализации.

Первым и важнейшим экономическим последствием глобализации, по нашему мнению, является дальнейшее развитие отношений собственности, повышение роли собственности на принципиально новые объекты – интеллектуальные блага, ноу-хау, бренды, информацию. Информация становится важнейшим фактором производства. Максимальное использование этого фактора является сегодня мощным оружием в конкурентной борьбе и на глобальном, и на локальном рынках.

В условиях глобализации концентрация производства и капитала достигла такого уровня, когда господствующей формой капитала становится не просто крупная, а транснациональная корпорация, являющаяся монополией или олигополией на мировом рынке. Транснациональные корпорации контролируют в настоящее время до половины мирового промышленного производства и международной торговли, около 80% мирового банка патентов и лицензий на новую технику и «ноу-хау» [30]. Соответственно, принципиально меняется характер рынка и формирование стоимости товаров и услуг. Национальные условия (производства и рынка) перестают быть определяющими по отношению к величине стоимости товаров и услуг. В глобальной экономике, на мировом рынке товар является носителем интернациональной стоимости. Величина этой стоимости определяется исходя не из общего объема производства данного товара и спроса на него в национальных рамках, а из его количества, экспортируемого на мировой рынок, и спроса со стороны импортеров. Мировая цена является денежным выражением интернациональной стоимости товара (услуги).

Качественно новый характер приобретает соотношение конкурентных и планомерных начал в экономике. Традиционная экономика монополистической стадии капитализма вывела планомерность за пределы фирмы, на уровень национальной экономики. Глобальная экономика начинает порождать транснациональную глобальную планомерность. Однако это не означает исчезновения и даже ослабления конкуренции. Если раньше эти два начала, конкурентное и планомерное, переплетались в основном в национально-государственных границах, то теперь это переплетение вышло на глобальный уровень и проявляется на мировом рынке.

Происходит трансформация самих понятий «рыночная структура» и «отрасль». Налицо распад сложившегося международного (межнационального) разделения труда и одновременное усиление роли межкорпорационного разделения труда. Наблюдается усиление процессов вертикальной интеграции как на внутреннем, так и на глобальном рынках, активно создаются и развиваются транснациональные вертикально интегрированные структуры, стремящиеся контролировать весь процесс создания стоимости: от добычи сырья до производства конечной продукции. Происходит постепенное исчезновение понятия «рынок» для ряда сырьевых товаров и продукции промежуточных переделов, так как большая часть этой продукции реализуется внутри вертикально-интегрированных структур по трансфертным ценам или через независимых контрагентов, с использованием механизма долгосрочных контрактов. Формируются определенные пропорции в распределении добавленной стоимости внутри вертикально интегрированных отраслей, влияющие как на прибыльность отрасли в целом, так и на прибыльность отдельных стадий отраслевого производства.

Вследствие перечисленных изменений современная экономика имеет уже иной механизм функционирования, что требует как критического переосмысления накопленной теоретической и эмпирической базы исследований, так и разработки концептуально нового методологического аппарата анализа. Считаем, что разработка соответствующей методологии, которая не только позволит объективно отражать и исследовать происходящие в экономике изменения, но и сама будет обладать достаточной гибкостью, является одной из приоритетных задач современной экономической науки.

Таким образом, глобализация – сложное, многоаспектное понятие, и нельзя отрицать, что глобализация – «...объективное и совершенно неизбежное явление современности, которое можно притормозить средствами экономической политики, ...но нельзя остановить или «отменить», ибо таково императивное требование современного общества и научно-технического прогресса» [34]. Многообразные последствия глобализации, проявляющиеся во всех сферах жизнедеятельности человека, и особенно в экономике, требуют последовательного и вдумчивого дальнейшего изучения.

**Резюме.** Рассмотрены подходы к определению сущности глобализации с позиций философии, социологии, культурологии, юриспруденции и других наук. Показана решающая роль экономики в развитии процессов глобализации и систематизированы теоретические подходы к пониманию процесса глобализации экономики. Исследованы точки зрения ученых на временные границы феномена глобализации. Сделана попытка определить экономические последствия глобализации.

**Abstract.** The approaches to defining the essence of globalization from the standpoint of philosophy, sociology, cultural studies, law and other sciences. Shown the crucial role of economics in the development processes of globalization and systematized theoretical approaches to understanding the process of economic globalization. Investigate the point of view of scientists at the temporal limits of the phenomenon of globalization. An attempt was made to determine the economic consequences of globalization.

### Литература

1. Философия. Глобализация. Интеграция/ Под ред. В.И. Чуешова.- Мн.: Акад. упр. При Президенте Респ. Беларусь, 2006.- 205с.

2. Удовик С.Л. Глобализация: семиотические подходы. – М.: Рефл-бук; Киев: Ваклер, 2002. – 480 с.
3. Дергачев В.А. Глобалистика.- М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005.-303с.
4. Guddens A. Reith Lectures, 1999. Runaway World. Lecture 1.
5. Медведев В. Глобализация экономики: тенденции и противоречия// *Мировая экономика и международные отношения*.- 2004. – №2. – С. 3- 10.
6. Чумаков А.Н. Глобализация. Контуры целостного мира.- М: Проспект, 2005. – 430с.
7. Бек У. Что такое глобализация? (Ошибки глобализма – ответы на глобализацию): Пер. с нем. – М.: Прогресс- Традиция, 2001. – 304с.
8. Кузнецов В. «Золотой миллиард» и остальное человечество // *Pro et Contra*.- 1999. - № 4. – С. 103-113.
9. Дилигенский Г.Г., Римашевская Н.М. Глобализация, население, человек// *Труды Фонда Горбачева. Том 7. Проблемы глобализации: Материалы международного исследовательского проекта*. М.: Горбачев-Фонд, 2001.- 472с.
10. Смирнова Е.С. Глобализация как правовое понятие (к постановке проблемы).- М., 2000.- 65с.
11. Делягин М.Г. Мировой кризис: Общая теория глобализации.- М.:ИНФРА-М, 2003 – 768с.
12. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура: Пер. с англ.- М.: ГУ-ВШЭ, 2000. – 608с.
13. McGrey A.G., Lewis P.G. *Global Politics: Globalization and the Nation State*. Cambridge: Polity Press, 1992. P. 83-84.
14. Oman C. *The Policy Changes of Globalisation*// *Policy Brief*. № 11. Paris: OECD, 1996. P.5.
15. Held D. et al. *Gobal Transformations*. Cambridge: Polity Press, 1999.
16. Лукашук И.И. Глобализация, государство, право, XXI век. М.: Изд-во Спарк, 2000.- 262с.
17. Шишков Ю.Д. Интеграционные процессы на пороге XXI века. Почему не интегрируются страны СНГ.- М.: НП «III тысячелетие», 2001.-480с.
18. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура: Пер. с англ. – М.: ГУ ВШЭ,2000.- 607с.
19. Сорос Дж. Кризис мирового капитализма. Открытое общество в опасности: Пер. с англ.- М.: ИНФРА-М, 1999.- 262с.
20. Milberg W.S. *Globalization and its Limits*// *Transnational Corporations and the Global Economy*. L.: Macmillan Press, 1998. P. 70.
21. Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 495с.
22. Ратленд П. Глобализация и посткоммунизм// *Мировая экономика и международные отношения*.- 2002.- №4.- С. 15-18.
23. Косолапов Н. Глобализация, миропорядок начала XXI века и Россия// *Постиндустриальный мир и Россия*.- М.: Эдиториал УРСС, 2001.- 234с.
24. Коллонтай В.О. О неолиберальной модели глобализации// *Мировая экономика и международные отношения*. – 1999. – №10. -С. 3 – 13.
25. Толстых В. Глобальные вызовы и поиски ответа: социокультурный аспект// *Грани глобализации: трудные вопросы современного развития*. – М.: Центр, 2003. – 399с.
26. Хасбулатов Р.И. *Мировая экономика: В 2-х т.* – М.: Экономика, 2001. – Т. 1: Теория, принципы, политика. – 598с.
27. Владимирова И. Этапы интернационализации хозяйственной деятельности// *Менеджмент в России и за рубежом*. – 2001.- №3.- С. 36-42.
28. Загладин Н. Глобализация и Россия// *Мировая экономика и международные отношения*. – 2002. – № 9. – С. 3-25.
29. Шишков Ю. Глобализация – враг или союзник развивающихся стран?// *Мировая экономика и международные отношения*. – 2003. – № 4. – С. 3-12.
30. Колтунов В.М., Мальцев К.В. Глобализация экономики (вопросы теории и методологии). – Н.Новгород.: Изд-во Волго-Вятской академии государственной службы, 2004.- 108с.

31. Зюганов Г.А. Глобализация и международные отношения. – М.: ИТРК, 2001.- 126с.
32. Парфенова Л.Б., Сапир Е.В., Ющюс В.В. Глобализация мирового хозяйства и локальные экономические системы// Белорусский экономический журнал.- 2003.- №1.- С.18-26.
33. Уткин А.И. Глобализация: процесс и осмысление. – М.: Логос, 2001. – 254с.
34. Долгов С.И. Глобализация экономики: новое слово или новое явление? – М.: ОАО «Изд-во «Экономика», 1998.- 215с.

Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины

Поступило 10.04.10

## Модели социального предпринимательства в рыночной экономике

Н. Ф. КАДОЛ

Основное социально-экономическое назначение предпринимательства – революционизирование и реформирование производства. Предпринимательство играет важную роль в раскрытии экономического потенциала общества, в создании новых социальных связей и структур. Именно поэтому в последнее время этот термин все чаще употребляют, когда речь идет о решении социальных проблем. При решении социальных проблем часто используют те же элементы, которые делают успешными бизнес-инновации. Поэтому термин «социальное предпринимательство» получил широкое распространение как в научной среде, так и среди практиков.

Термин «социальное предпринимательство» начал использоваться в литературе, касающейся социальных изменений в 60–70-е гг. XX века. Широкое же распространение социальное предпринимательство получило в 80–90 годы 20 века благодаря Билу Брайану основателям Фонда Ашока, а также Чарльзу Лидбетеру. Начиная с 1950 по 1990 год, Михаэль Янг был главным основателем (инициатором, покровителем) социального предпринимательства. В 80-х годах он был охарактеризован Профессором гарвардского университета, Делом Биллом, как самый успешный предприниматель в мировой практике социального предпринимательства, так как он сыграл большую роль в создании 60 новых мировых организаций, включая ряд учебных заведений для социальных предпринимателей в Великобритании.

В научный оборот термин «социальное предпринимательство» впервые был введен профессором Стэнфордского университета Г. Дисом (J.Gregory Dees). Под ним он подразумевает эффективные социальные преобразования и дает пять характеристик данной деятельности, а именно амбициозность, соответствие социальной миссии, наличие стратегии, изобретательность и ориентация на измеряемый результат. В 2001 году директором Института социального предпринимательства Дж. Боше в понятие «социальное предпринимательство», кроме социальной эффективности, добавляется и экономическая, таким образом, данный термин трактуется как достижение социального и экономического результата или эффекта.

Литература в этой области довольно новая и нет единого общепринятого определения этого явления. Сам термин, который используется в академической и популярной литературе, охватывает достаточно широкий диапазон действий. На сегодняшний день существует много определений социального предпринимательства, которые можно объединить в три группы.

Первая группа определений акцентирует внимание на том, что социальное предпринимательство представляет собой создание коммерческих предприятий с социальной целью. Однако эта группа имеет свои недостатки, а именно таким определениям соответствует любая деятельность, доходы от которой направляются на социальные цели.

Вторая выделяет инновационную деятельность социальных предпринимателей, которая направлена на получение значимого социального эффекта. В этом случае инновационность решения общественных и социальных проблем часто оказывается главнее финансовой устойчивости предприятия.

Третья группа определений представляет социальное предпринимательство как способ капитализировать общественные трансформации, которые приведут к гораздо более широким долгосрочным изменениям, чем это предполагает изначальный ракурс решаемой проблемы. В данном случае социальные предприниматели влияют на решение не одной проблемы, а на целый комплекс проблем.

Социальное предпринимательство является промежуточным звеном между сферами традиционного предпринимательства и благотворительности, то есть оно представляет собой организацию смешенного типа. В нижеприведенной таблице представлены отличительные признаки таких организаций.

Таблица 1 – Признаки различных типов организаций

	Исключительно благотворительные организации	Организации смешенного типа	Исключительно коммерческие организации
Мотивы	Благотворительность	Смешанные мотивы	Собственные интересы
Методы	В зависимости от поставленных задач	Сбалансированы, то есть в зависимости от поставленных задач и рыночной среды	В зависимости от рыночной среды
Цели	Создание социальных ценностей	Создание социальных и экономических ценностей	Создание экономических ценностей
Распределение выручки/доходов	Распределяется в соответствии с поставленными задачами организации	Реинвестируются согласно миссии компании или на производственные затраты или аккумулируются для расширения бизнеса и его развития (часть может делегироваться как дивиденды)	Распределяется акционерам и владельцам

Как смешанная организация, социальные предприятия движимы двумя значимыми силами. Первая – желание достижения социальных преобразований, зачастую вытекающих из инновационной и предпринимательской деятельности. Вторая – стратегия устойчивого развития организации и предоставляемых ею услуг требует диверсификации ее финансовых потоков, зачастую включая получения и зарабатывания собственных доходов.

Отличительным признаком социальных предприятий является создание двойственной ценности – это экономические и социальные ценности, они имеют следующие характеристики:

- использование бизнес инструментов и подходов для достижения социальных целей;
- сочетание социальных и коммерческих методов и капитала;
- создание социальной и экономической ценности;
- получение дохода от коммерческой деятельности с целью финансирования социальных программ;
- движимые рынком и миссией компании;
- измерение финансовых вложений и социального эффекта;
- достижение финансовых показателей в направлении создающем социальные блага;
- достижение финансовой свободы от неограниченных доходов;
- стратегическое соединение предприятий для достижения миссии.

**Социальные цели**, направленные на выполнение миссии компаний (создание социальных ценностей), варьируют в зависимости от миссии компании и сектора. Например, это могут быть экономические перспективы для бедных, трудоустройство для инвалидов, сохранение окружающей среды, образовательные программы, защита прав человека, усиление гражданских прав и т.д.

**Финансовые цели**, сосредоточенные на финансовой устойчивости (создание экономических ценностей), различаются в зависимости от потребностей в финансировании и деловой модели. Финансовые методы вытекают как из частной, так и некоммерческой практики. Например, возврат затрат на социальные программы, диверсифицированное использование благотворительных и заработанных средств, программы самофинансирования или получением прибыли для финансирования социальных программ организации.

Таким образом, социальное предпринимательство обладает двумя характеристиками:

- социально-ориентированная цель;
- предпринимательский характер.

Основная цель социального предприятия состоит в том, чтобы предоставить те товары и услуги, которыми рынок или общественный сектор не желает или не может обеспечить. Такие предприятия содействуют получению специальности и развитию навыков, создают рабочие места и способствуют объединению социально не защищенных людей. Социальные предприятия функционируют как связующее звено между общественным и частным секторами, не являясь частью ни одного, ни другого, но они тесно связаны с обоими секторами через сотрудничество, участие в акционерном капитале, совместные предприятия так же, как и через множество заключающих торговых контрактов. Используя общественные организации и основываясь на специфике местного развития, люди с ограниченными возможностями в состоянии преодолеть свои проблемы через занятость, одновременно предоставляя товары и услуги, которые не хватает в обществе.

Все больше акцентируется внимание на роли социального предприятия в содействии экономической конкурентоспособности и выявлению новых путей предоставления социальных услуг местному населению. Социальные предприятия также продемонстрировали более эффективный метод создания рабочих мест. Например, некоторое количество научных исследований, проведенных на протяжении 90-х годов показали, что социальные предприятия достигают хороших результатов в исчислении затрат на создание рабочего места, несмотря на общеизвестные методологические трудности в подсчете таких данных. Исследование социальных предприятий в Англии и Уэльсе, выполненное LGMB, подсчитали стоимость рабочего места £9,792, которая можно сравнить с 72000 созданных рабочих мест LDDC, стоимость которых составляет £35,000 каждое. Одновременно, образование рабочих мест не является основной целью социального предприятия, несмотря на то, что это остается основным показателем для оценки его успеха [6].

Как правило, социальное предпринимательство представлено некоммерческими организациями. Исходя из того, как социальное предприятие взаимодействует с некоммерческой организацией можно выделить следующие модели. Оно может быть структурировано внутри головной некоммерческой организации как самостоятельное образование или являться непосредственно головной организацией. Рассмотрим более подробно каждую из них.

Если социальная программа частично совпадает с осуществляемой предпринимательской деятельностью, совместно покрывая текущие расходы, то речь идет о структурированном социальном предприятии внутри головной организации. Такая организация создает социальное предприятие как механизм финансирования и поддержания некоммерческой деятельности и миссии организации. Юридическая, финансовая, управленческая деятельность осуществляется непосредственно головной некоммерческой организацией. Во многих случаях такие социальные предприятия расширяют сферу деятельности организации, дают возможность ей достигнуть большего социального эффекта. Это может быть достигнуто путем коммерциализации оказания общественных (социальных) услуг, продавая их на рынке.

Взаимосвязь между социальной программой и предпринимательской деятельностью является синергетической, они дополняют друг друга социальным и финансовым значением.

Такие социальные предприятия могут быть использованы в тех случаях, когда:

- социальная и экономическая деятельность частично совпадает;
- социальные и экономические действия синергичны;



– целевая группа является непосредственно бенефициарием прибыли полученной от деятельности социального предприятия, которое обеспечивает необходимыми средствами социальные программы, клиенты могут быть задействованы или нет в деятельности организации как служащие или потребители.

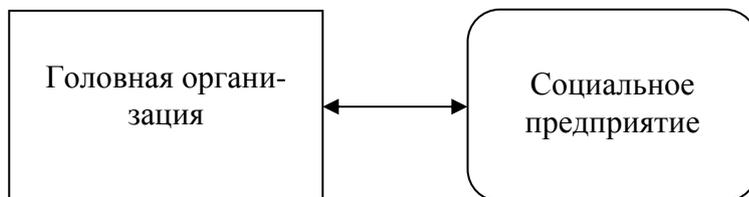
Одним из примеров такого рода организаций является общественные ор-

ганизации, предоставляющие бесплатную еду для детей из малоимущих семей, которые зарегистрированы в программах оказания помощи. Занимаясь приготовлением еды, имея свой штат диетологов и поваров, эта организация открывает свое фирму по оказанию услуг на рыночной основе общественным учреждениям, таким как школам, детским садам, поликлиникам, больницам, которые хотят и способны оплатить эти услуги.

Расширение миссии является другим типом социального предприятия, связанного с миссией организации. Например, это может быть женская организация экономического развития, которая оказывает поддержку работающим матерям-одиночкам путем оказания консультаций по ведению бизнеса, они расширяют свою миссию путем открытия детских садов на платной основе, тем самым, позволяя своим клиентам больше времени сосредоточить на занятии предпринимательской деятельности.

Еще одним примером такой модели являются организации, связанные с искусством и культурой, которые могут коммерциализировать свои изделия, продавая их, но, тем не менее, их основная деятельность заключается в образовательных и обучающих программах, направленных на развитие и сохранение традиционных методов ремесла. Экологическая организация может создать предприятие экотуризма для обучения людей сохранению экологии и дальнейшего их трудоустройства, но ее основные социальные действия заключаются в восстановлении лесных массивов. Экопредприятия предлагают многообразие креативных (творческих) методов получения денежных средств на изучение и решение экологических проблем. Растущая популярность экотуризма предоставляет социальным предприятиям выгодные и рентабельные возможности завоевания туристического рынка. Данный рынок в отличие от других некоммерческих «потребительских рынков» имеет деньги, поэтому данная сфера деятельности очень легко включает финансовые и социальные цели социальных предприятий. Многие экологические социальные предприятия занимаются реализацией продукции, произведенной из переработанных отходов, а также они продвигают и занимаются продажей экологически чистой продукции для того, чтобы обеспечить финансирование сельского хозяйства, а также образовательных программ.

Социальное предприятие может функционировать как отдельное юридическое лицо,



зарегистрированное как коммерческая или некоммерческая организация. В данном случае оно фактически может относиться или не относиться к головной организации. Некоммерческая организация создает такое социальное предприятие для финансирования

своих социальных услуг либо покрытия текущих расходов, то есть предпринимательская деятельность является «внешне», не связанной с деятельностью организации, а поддержка социальных программ осуществляется только за счет финансирования. Обычно такие социальные предприятия не получают выгоды от своих действий, распределения затрат или совместного выполнения программ, поэтому, чтобы содействовать выполнению поставленных целей, оно должно быть рентабельным.

Социальные предприятия структурировано как отдельное образование в том случае, если:

- экономические и социальные действия связаны некоммерческой собственностью и финансированием;

- мотивация экономической деятельности выступает создание финансового механизма для социальной деятельности;

- целевая группа является непосредственно бенефициарием прибыли полученной от деятельности социального предприятия, которое обеспечивает необходимыми средствами родительскую организацию, но в редких случаях связана с деятельностью предприятия.

Социальное предприятие является непосредственно родительской организацией, то есть с функциональной точки зрения не существует родительской и дочерней организации, социальное предпринимательство является единственным видом деятельности организации. В данном случае нет никаких ограничений между выполняемой социальной программой, административными аспектами и инфраструктурой, которые существуют при осуществлении



двух и более видов деятельности. Этот тип социального предприятия может эволюционировать в одну из других структур путем создания новых предприятий или социальных программ.

Социальные программы самофинансируются через предпринимательскую деятельность. Предпринимательская деятельность и социальные программы имеют всестороннюю связь, так как финансовая и социальная выгода достигаются одновременно. Такие предприятия создаются тогда, когда:

- социальная и экономическая деятельность совпадает;

- выполнение социальной миссии является главной целью в предпринимательской деятельности;

- неотъемлемой частью модели являются целевая группа, то есть непосредственно клиенты как непосредственные получатели социального обеспечения (бенефициарии), а также покупатели, служащие или владельцы предприятия.

Экономическое развитие является областью, в которой социальное предприятие применяется как программа устойчивого развития, способствующая созданию экономических возможностей и общественной ценности, что позволит уязвимым слоям населения быть более защищенными. Во многих случаях предпринимательская деятельность является неотъемлемой частью организаций (агентств) экономического развития. В данном случае социальное предприятие выступает эффективным средством достижения социального воздействия. Потенциальными целями социального воздействия могут являться создание рабочих мест, увеличение семейного дохода, инвестиции в производственную деятельность, увеличение посещаемости школы, улучшение медицинского обслуживания и качества питания.

Однако, несмотря на то, что термин социальный предприниматель и социальное предпринимательство новые, их след прослеживается на протяжении всей истории человечества. Одним из известных практиков современного социального предпринимательства является Мухаммед Юнус, основатель и управляющий Граммен банк, которому принадлежит растущая система социальных бизнес – организаций и который был удостоен в 2006 году Нобелевской премии. Профессор Мухаммед Юнус, глава департамента Реальных Экономических Программ при университете Читадонга, Бангладеш, начал исследовательский проект в 1976 году с целью проанализировать возможность представления банковских услуг беднейшим слоям населения.

Банковский проект Граммена (Граммен на Бангла языке означает деревушка) был пилотно размещен в трех деревнях вблизи университета с постановкой нижеследующих задач: представление доступа к банковским услугам бедным мужчинам и женщинам; избежание эксплуатации бедных слоев населения со стороны заемщиков; создать возможность для развития мелкого бизнеса для множества безработных людей в деревнях Бангладеша; а также представить возможность наиболее незащищенным слоям (в большинстве женщинам из беднейших семей) самим управлять своими деньгами и бизнесом. Основываясь на этом успехе, проект получил развитие в 1979 году в нескольких регионах Бангладеша включая Дхаку,

столицу. К октябрю 1983 года Банковский проект Граммена был преобразован в независимый банк. На сегодняшний день Банковский проект Граммена обслуживает более 2,4 миллионов заемщиков и имеет более 20 направлений бизнеса:

- *Grameen Shakti* – социально направленная сельская компания основным направлением которой является поставка возобновляемой энергии неэлектрифицированным деревням в Бангладеше, одновременно с образованием рабочих мест и возможностей для получения дохода в сельской местности Бангладеша;

- *Grameen Telecom*, чей целью являлось обеспечение мобильной связью 100 миллионов жителей сельского Бангладеша за счет финансирования членами Грамменн банка, а также представления мобильной связи потенциальным клиентам банка;

- *Grameen Knitwear Limited* – 100% экспортно-ориентированное предприятие по производству трикотажных изделий.

Также социальное предпринимательство довольно успешно развивается на постсоветском пространстве.

Сегодня пятнадцать различных организаций, объединенных идеей социального предпринимательства и пилотными грантами проекта UCAN, действуют в различных городах Украины. Например, благотворительный фонд, чьей целевой группой являются люди с психическими заболеваниями, а миссией – их реабилитация и ресоциализация, решает «зарабатывать на себя». Продукцией на продажу стали фарфоровые изделия бижутерии ручной работы и росписи. Украшения изготавливаются, точнее, создаются клиентами реабилитационного центра во время занятий по арттерапии. Остается научиться продавать и получать из этого доход; а еще – выработать больше, системно, отслеживая потребности и требования рынка. Сотрудничество с частным предпринимателем – членом организации, у которого есть развитая сеть для сбыта бижутерии, предоставило возможность эффективно продавать украшения. Предприниматель продает свою продукцию под логотипом благотворительного фонда, а фонд имеет доход в форме целевых взносов от предпринимателя. Кроме того, клиенты организации получают денежную компенсацию за свое любимое дело, а также ощущают свою занятость и нужность.

Еще одним примером социального предпринимательства может служить деятельность организации, целевую группу которой составляют люди с плохим зрением. Было решено создать новый продукт, которого пока почти нет на рынке, – аудиокниги. Для детской аудитории эти книги вмещают полные собрания произведений из школьной программы, такие как «Пеппи-Длинныйчулок», «Сказки Андерсена» и «Приключения Тома Сойера», а для взрослой аудитории – это «Богдан Хмельницкий» П.Мериме и «Здравствуй, печаль» Ф. Саган. К озвучиванию произведений привлекаются профессиональные актеры и дикторы. Планируется передавать часть тиража в специализированные детские заведения, а часть продавать через книжные магазины. Поступление реинвестируется в увеличение тиража и новые книги. Кстати, оригиналы записей первых пяти произведений бесплатно передаются Дому звукозаписи УТОС, о котором заботится государство. При наличии возможностей и средств такие аудиокниги можно будет изготавливать и распространять среди всех специализированных заведений в рамках государственной программы, ведь тиражирование готовых лицензионных произведений намного дешевле, чем запись оригиналов. Инициаторы проекта верят в успех дела, сравнивая, для примера, рынок аудиокниг в США, составляющий 20% продаж всех книжек, и украинский рынок, где эта ниша пока что относительно свободна. Конечно, существует множество проблем с бесплатной передачей прав на звукозапись, продажей книг и их рекламой. Но самая большая проблема сейчас – отсутствие официального подтверждения, что на аудиокниги распространяются те же льготы, которыми пользуются и книги печатные.

В первом случае социальное предпринимательство – это социальная реабилитация, занятость и улучшение экономического положения бенефициаров. Для фонда это дополнительные поступления на благотворительные программы и на потребности организации, новые стандарты работы, новые требования. Партнером проекта выступает частный предприниматель – член организации.

В примере с аудиокнигами социальное предпринимательство – это создание продукта, содействующего улучшению качества жизни прежде всего слепых людей, а также заполнение рыночной ниши, которую бизнес воспринимал как неперспективную и нерентабельную. В данном случае партнером проекта стало частное издательство, осуществляющее большинство продаж.

И в первом, и во втором случаях деятельность была начата частично благодаря небольшому стартовому капиталу в форме мини-грантов, предоставленных проектом «Сеть гражданского действия в Украине» (UCAN), финансируемого Агентством США по международному развитию (USAID). В организациях был предыдущий опыт финансирования по грантам, и они могли бы спокойно продолжать поиски средств через непрерывное написание проектов и приспособления деятельности к приоритетам доноров – с меньшими проблемами, затратами своих ресурсов, а главное – риском. Но произошло изменение сознания: лидеры и их команды ищут иные источники финансирования, берут на себя ответственность и начинают предпринимательскую деятельность – бизнес с социальной миссией.

Другими моделями внедрения социального предпринимательства могут быть предприятия инвалидов, а также прямые продажи товаров и услуг НПО. В последнем случае ситуация довольно неоднозначна, ведь коммерческая деятельность общественных организаций может угрожать лишением их неприбыльного статуса, уплатой налогов.

В России функционирует научно-образовательный Центр социального предпринимательства. Он представляет собой структурное подразделение Института дополнительного профессионального образования НГТУ. Центр создан в рамках проекта Tempus TACIS CD\_JEP-21086-2000 "Социальная работа: к лучшему управлению» совместно с Лондонской школой экономики (Великобритания), университетом Болонии (Италия) и университетом Мюнстера (Германия).

Работа Центра социального предпринимательства направлена на разработку и обеспечение функционирования интегрированной системы обучения, переподготовки и повышения квалификации менеджеров, вовлеченных в социально значимую деятельность.

В соответствии с Постановлением Правительства Республики Казахстан от 31 марта 2006 года № 222 «О Сетевом графике исполнения Общенационального плана мероприятий по реализации Послания Президента Республики Казахстан народу Казахстана от 1 марта 2006 года и Программы Правительства Республики Казахстан на 2006-2008 годы», Правительством Республики Казахстан утверждена «Концепция создания региональных социально-предпринимательских корпораций».

В регионах будет создана сеть социальных предпринимательских корпораций, деятельность которых будет направлена на привлечение инвестиций и реализацию новых проектов. Часть прибыли, накопленная в результате предпринимательской деятельности, будет направляться на развитие социальной сферы в регионе. Деятельность этих корпораций будет ориентирована на привлечение новых проектов, которые будут осуществляться как по всей стране, так и за ее пределами. Деятельность любой СПК будет распространяться на территорию, большую, чем административно-территориальная единица, и будет более привязана к производственным связям. К деятельности СПК правительство предлагает применять широкую систему мер государственного регулирования и стимулирования. Каждая СПК будет представлять собой холдинговую компанию, управляющую государственными активами в соответствующем регионе страны, включая значительные участки земель.

В Республике Беларусь также есть успешные примеры социальных предприятий.

Одну из моделей социального предпринимательства в Республике Беларусь воплотила в жизнь столинская организация Белорусской ассоциации помощи детям-инвалидам и молодым инвалидам. Чтобы решить проблему трудоустройства своих подопечных, они создали швейную мастерскую, где могут работать 15 человек с психофизическими ограничениями. Республиканский научно-исследовательский институт трудовой экспертизы и центр "Открытые двери" обследовали ребят и дали заключение об их профпригодности. На этом основании были сформированы группы обучения по специальности "швея-портной". Столинское профессионально-техническое училище – 164 разработало, а Брестский областной отдел образования утвердил

учебный план их подготовки, рассчитанный на шесть с половиной месяцев. Районный центр занятости смог оплатить обучение, обеспечить учащихся стипендиями, а потом закупать ткань и выдавать зарплату работникам швейной мастерской. За это предприятие изготавливает постельные принадлежности и спецодежду для бюджетной сферы. Однако столинская организация хотела бы работать самостоятельно и получать прибыль от реализации продукции. Нужно только найти стартовый капитал. А люди с психофизическими ограничениями могут немало – шить, ремонтировать обувь, работать в прачечных. Благодаря льготному налогообложению услуги, оказываемые инвалидами, обойдутся потребителю дешевле. В итоге все стороны окажутся в выигрыше.

Другое общественное объединение – Барановичский экологический союз – ведет хозяйственную деятельность с начала 90-х гг. прошлого столетия. Чтобы успешно справляться со своей миссией, оно начало оказывать платные услуги. Одной из таких услуг было оформление экологических паспортов предприятий. Затем эта организация освоила расчет вредных выбросов для определения суммы экологического налога. Заработанные деньги направляются на финансирование проектов и программ в рамках уставной и благотворительной деятельности. Барановичский экологический союз тесно сотрудничает с местной городской районной инспекцией природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Например, в городе Клецке была открыта парикмахерская, в которой работают и здоровые люди, и инвалиды. Помог в этом Центр социальных работ. Жлобинская служба занятости выделила средства на обучение молодых инвалидов специальности «хозяин усадьбы». В Центре социального обслуживания семьи они осваивают, к примеру, премудрости выращивания цветов и рассады. Это тоже социальное предпринимательство – одна из форм выживания и трудоустройства людей с ограниченными возможностями. На базе одного из центров внешкольной работы подростки обучаются лозоплетению, имея возможность реализовать свои поделки на ярмарках.

Еще один пример для подражания – предпринимательская деятельность Белорусского фонда "Милосердие и здоровье", который стал учредителем организация "Центр социальных работ" для трудовой реабилитации людей с психофизическими ограничениями. Теперь в Минске прибыльно работает парикмахерская, где заняты 14 инвалидов, действуют уборочная бригада и служба профессиональных сиделок. Подобные центры существуют также в Гродно и Могилеве. Планируется, что в перспективе они появятся во всех областных центрах Беларуси, ведь их эффективность действительно высока. Инвалиды проходят трудовую реабилитацию, зарабатывают себе на жизнь, имеют возможность перейти от мизерной социальной пенсии к более высокой трудовой, для которой требуется стаж работы. Путей достижения общественного блага множество. В той же парикмахерской можно обслуживать по льготным ценам социально незащищенные слои населения с низкими доходами и выполнять при этом свою благотворительную миссию.

Таким образом, социальное предпринимательство может тем стать инструментом, который обеспечил бы постоянный и стабильный приток денежных средств в некоммерческий сектор.

Однако успешное функционирование социальных предприятий требует определенных условий, а именно: создание необходимого правового регулирования; наличие необходимой кадровой базы; формирование новых финансовых инструментов для поддержки некоммерческих проектов; наличие необходимой инфраструктуры.

**Резюме.** Социальное предпринимательство – явление сравнительно новое для Республики Беларусь. Поэтому несомненный интерес представляет характеристика особенностей функционирования и путей развития социального предпринимательства. В этой связи статье рассмотрены основные модели развития социального предпринимательства.

**Abstract.** A social business undertaking is a relatively new occurrence. As a result, the research of peculiarities of functioning and development directions in social business undertakings is a really important theme for economy. In article the author analyze several common models of social enterprise grouped into three main structural categories.

**Литература**

1. Иванов, Н.Ю. Социально-экономические функции малого бизнеса в российской экономике [Текст] / Н.Ю. Иванов. – М. : Высшая школа, 2003.
2. Радев, В.В. Социология рынков: к формированию нового направления [Текст] / В.В. Радев. – М. : ГУ–ВШЭ, 2003.
3. Чепуренко, А.Ю. Малое предпринимательство в социальном контексте [Текст] / А.Ю. Чепуренко. – М. : Наука, 2004.
4. Шумпетер, Й. Теория экономического развития [Текст] / Й. Шумпетер. – М. : Прогресс, 1982.
5. Bateman, M. Business Cultures in Central and Eastern Europe [Text] / M. Bateman. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 1997.
6. Dees, J. Gregory. The Meaning of 'Social Entrepreneurship' [Text] / Dees, J. Gregory // Comments and suggestions contributed from the Social Entrepreneurship Funders Working Group, 1998.
7. Pascal, Hoedt. Créez et gérez votre ASBL [Text] / H. Pascal. – Bruxelles : Couleur livres asbl, 2004.
8. Sztompka, P. Trust: A Sociological Theory [Text] / P. Sztompka. – Cambridge : Cambridge University Press, 1999.
9. Waldinger, R. Ethnic Entrepreneur [Text] / R. Waldinger, H. Aldrich, R. Ward // Entrepreneurship. An Interdisciplinary Perspective / R. Swedberg. – Oxford : Oxford University Press, 2000. – P. 356–388.

## ЭКОЛОГИЯ

---

---

УДК 614.71

### Оценка уровня загрязнения воздуха различных промышленных зон г. Гомеля и прилегающих территорий

Е. Г. ТЮЛКОВА

#### Введение

В настоящее время изучению характера и степени воздействия выбросов промышленных предприятий на живые организмы уделяется много внимания, поскольку именно антропогенные факторы являются одними из основных в установлении закономерностей функционирования экосистем [1, 2]. Опасность воздействия факторов химического загрязнения заключается в том, что живые организмы в недостаточной мере адаптированы к ним или не успевают активизировать соответствующие адаптационные процессы вследствие высокой скорости появления угрожающего на них влияния.

В этой связи в рамках экологического мониторинга важным является получение полной информации о загрязнении в широком пространственном масштабе и необходимость повышения эффективности методов контроля за изменением уровня загрязняющих веществ в атмосфере [3].

#### Материал и методы исследования

Для оценки уровня загрязнения воздуха трех промышленных зон г. Гомеля и прилегающих территорий были использованы данные статистической отчетности 1-ОС воздух о выбросах загрязняющих веществ и диоксида углерода в атмосферный воздух от стационарных источников за 2003 – 2009 гг. Гомельской горрайинспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды [4].

Для составления прогноза выбросов использовались возможности статистического анализа в системе Ms Excel.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Город Гомель является важным транспортным и промышленным узлом Республики Беларусь. Это один из самых компактных в Республике Беларусь городов. Компактное расположение городских территорий кроме массы положительных аспектов создает ряд экологических проблем.

Как уже отмечалось, большой вклад в загрязнение атмосферного воздуха территории города вносят выбросы промышленных предприятий.

Согласно данным статистической отчетности за период 2003 – 2009 гг. динамика объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу характеризуется тенденцией роста, что свидетельствует о необходимости усиления контроля за состоянием воздушного бассейна города и принятием мер, направленных на снижение уровня его загрязнения. На рисунке 1 показано, что наибольший объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу наблюдался в 2009 году и составил 21634,3 т/год, тогда как в 2003 году этот показатель был равен 14770,3 т/год, что в 1,5 раза меньше по сравнению с 2009 годом.

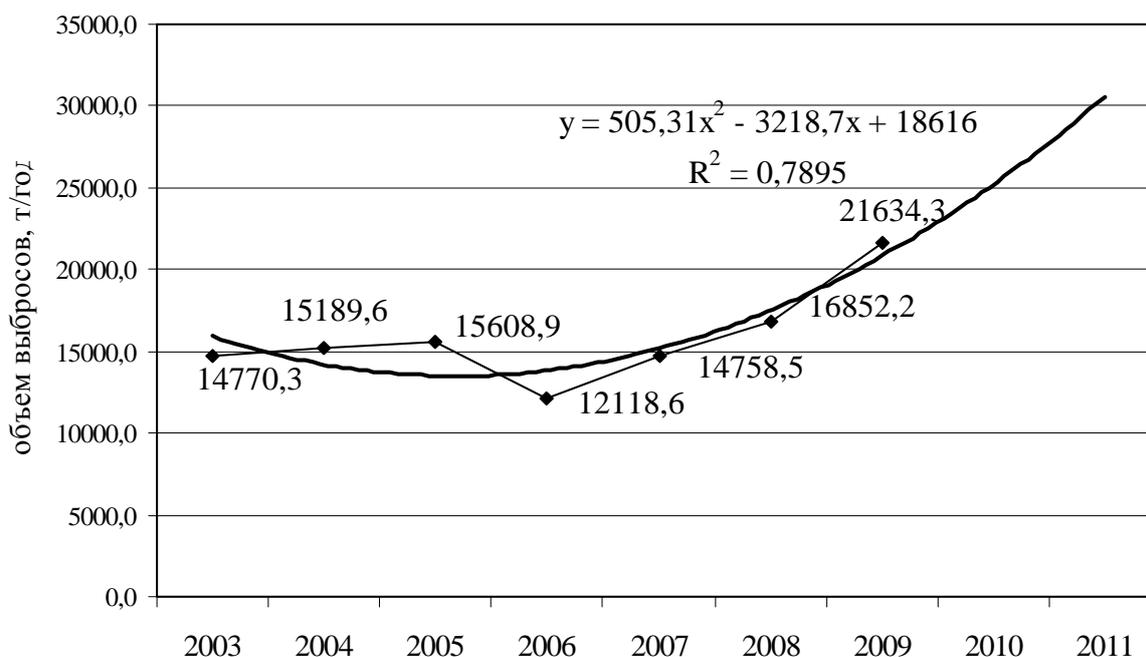


Рисунок 1 – Полиномиальный прогноз выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по г. Гомелю на 2010 – 2011 гг.

Учитывая такую тенденцию, в 2010 году объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу будет составлять 25206,2 т/год, а в 2011 году – 30577,8 т/год.

Несмотря на такую динамику, объемы выбросов находились в пределах разрешенного объема, который в 2003 году составил 21569,0 т/год, в 2004 году – 22221,2 т/год, в 2005 году – 22873,4 т/год, в 2006 году – 16211,3 т/год, в 2007 году – 22194,9 т/год, в 2008 году – 22385,2 т/год, в 2009 году – 22575,6 т/год.

С учетом расположения промышленных предприятий и производственных комплексов в г. Гомеле и прилегающих территориях можно выделить три крупные промышленные зоны – западную, южную и северную (рисунок 2).

**Западная промышленная зона** – занимает 13 км<sup>2</sup> площади города и отличается повышенной запыленностью. Высокий потенциал загрязнения атмосферы создают здесь Гомельская ТЭЦ-2 и ОАО «Гомельский химический завод». Эта зона оказывает негативное влияние на состояние воздушного бассейна всего города при западных ветрах.

В этой зоне выделяется четыре промышленных узла.

*Первый промузел* – образуют ОАО «Гомельский химический завод» и Гомельская ТЭЦ-2 – предприятия-лидеры по валовым выбросам и дальности переноса загрязняющих веществ. Основные ингредиенты, преобладающие в выбросах этих предприятий и, следовательно, требующие соответствующих мероприятий – оксиды азота и сернистый ангидрид.

*Второй промузел* – завод пластмассовых изделий, РУП «Гомельский радиозавод им. 60-летия СССР». Характеризуется значительными выбросами летучих органических соединений – фенол, ацетон, ксилол, толуол.

*Третий промузел* – РУП «Гомельский литейный завод «Центролит», ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей». Характеризуется наличием крупного литейного производства, присутствием большого количества пыли в выбросах.

*Четвертый промузел* – УП «Гомельский завод торгового оборудования», ОАО «САНТЭП», западная котельная. Специфика производства характеризуется повышенным количеством бутилового спирта, ксилола, оксидов углерода, азота, сернистого ангидрида.

В целом на западную промышленную зону приходится максимальное количество (43,2 %) общего объема выбросов веществ в атмосферу по г. Гомелю, а максимальная величина удельного веса в общем объеме выбросов загрязняющих веществ приходится на предприятия электроэнергетики.

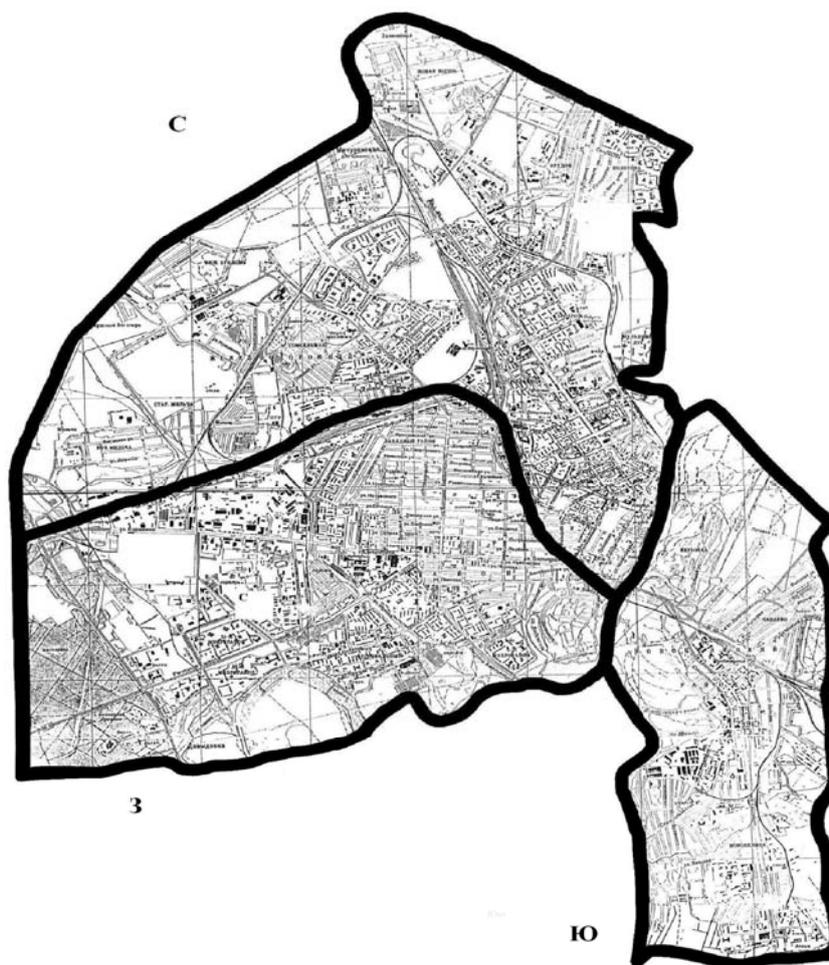


Рисунок 2 – Схема промышленного зонирования города Гомеля

**Южная промышленная зона** – располагается на крайнем юге города в Новобелицком районе и образована ОАО «Гомельдрев», ЧПУП «Фанерно-спичечный комбинат», завод сантехзаготовок, РАУП «Гомельское ПО «Кристалл». Здесь высокий потенциал объемного загрязнения атмосферы формируется выбросами ОАО «Гомельдрев» и ЧПУП «Фанерно-спичечный комбинат». На южную промышленную зону приходится 31,2 % общего объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по г. Гомелю.

Неблагоприятным фактором является то, что большая часть жилой зоны территории Новобелицкого района находится в пределах промышленной зоны, а также преобладание в выбросах предприятий большого количества летучих органических соединений – бутилового спирта, ксилола, оксида углерода, азота, толуол, ацетона, формальдегида.

В южной промышленной зоне максимальная величина удельного веса в общем объеме выбросов загрязняющих веществ приходится на предприятия пищевой отрасли промышленности.

**Северная промышленная зона** характеризуется неблагоприятным расположением относительно других районов города при воздействии летних северо-западных ветров. В ней можно выделить четыре промышленных узла. Основной вклад в формирование неблагоприятной экологической обстановки в этой части города вносят РУП «Гомсельмаш», РУП «Гомельский завод самоходных комбайнов», ОАО «Гомелькабель», северная котельная «Гомельтеплосеть», ОАО «Коралл».

**Первый промузел** – РУП «Гомельский судостроительно-судоремонтный завод», ПРУП «Гомельский вагоноремонтный завод им. М.И. Калинина», ОАО «Гомельский подшипниковый завод». Этот узел характеризуется непосредственной близостью к жилым районам города и преобладанием в выбросах таких загрязнителей, как ацетон, оксид углерода, сернистый ангидрид.

*Второй промузел* – СП ОАО «Электротехнический завод», ремонтно-механический завод, РУП «Гомсельмаш». Характеризуется непосредственным воздействием на центральную часть города, присутствием в выбросах большого количества пыли и взвешенных веществ. Основные ингредиенты, преобладающие в выбросах – ксилол, оксиды азота, толуола, бутилового спирта, оксид углерода, бенз(а)пирен, фенол.

*Третий промузел* – РУП «Гомельский завод «Гидропривод», РУП «Гомельский завод «Электроаппаратура», НПО «Ратон», ОАО «Коралл», РУП «Гомельский завод самоходных комбайнов», ОАО «Гомелькабель», северная котельная. Узел характеризуется преобладающим количеством в выбросах ксилола, бутилового спирта, ацетона, толуола, оксидов азота, сернистого ангидрида.

*Четвертый промузел* – образован предприятиями перерабатывающей промышленности, тяжелого машиностроения: ОАО «Гомельстройматериалы», РУП «Гомельский станко-строительный завод им. С.М. Кирова», РУП «Гомельский опытно-экспериментальный завод», РПУП «Гомельвормет». В выбросах преобладают оксиды азота, ксилола, сернистого ангидрида, оксида углерода.

На северную промышленную зону приходится 37,6 % общего объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по г. Гомелю, преобладающее количество в которых приходится на предприятия промышленности строительных материалов.

Следует отметить, что за период 2003 – 2009 гг. наблюдается достаточно высокий (но не 100 %) уровень очистки веществ, поступающих на очистку, по сравнению с общим объемом загрязняющих веществ, поступающих на очистку. Из данных табл. 1 видно, что общий объем веществ, поступивших на очистку, за период 2003 – 2009 гг. характеризовался тенденцией роста и варьировал в пределах от 34168,7 т/год до 67769,2 т/год.

Таблица 1 – Сравнительный анализ объемов загрязняющих веществ, поступивших на очистку, и очищенных веществ по г. Гомелю и прилегающим территориям за 2003 – 2009 гг.

Год	Объем загрязняющих веществ, т/год		Индекс объема очищенных веществ к объему веществ, поступивших на очистку, %
	поступивших на очистку	очищенных и обезвреженных	
2003	34168,7	32388,9	94,8
2004	38150,1	36425,8	95,5
2005	40986,1	39522,8	96,4
2006	47980,0	46533,3	97,0
2007	57064,8	55660,3	97,5
2008	103539,7	102152,2	98,7
2009	67769,2	66413,4	98,0

Объем веществ, очищенных и обезвреженных, за период 2003 – 2009 гг. также характеризовался тенденцией роста и варьировал в пределах от 32388,9 т/год до 66413,4 т/год.

Индекс объема очищенных веществ к объему веществ, поступивших на очистку, за период 2003 – 2009 гг. варьировал в пределах от 94,8% в 2003 году до 98,0% в 2009 году и был максимален в 2008 году (98,7%), что указывает на наиболее эффективную работу очистных сооружений промышленных предприятий г. Гомеля в 2008 году.

Как уже отмечалось, г. Гомель является важным транспортным и промышленным узлом Республики Беларусь, на территории которого функционируют различные промышленные предприятия.

Результаты анализа объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за 2009 год в разрезе отдельных отраслей промышленности по г. Гомелю и прилегающим территориям, представленные в табл. 2, показали, что максимальный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на предприятия электроэнергетики (34,7 %).

Таблица 2 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в 2009 году по г. Гомелю и прилегающим территориям

Отрасли	Объемы выбросов, т/год						Всего по отрасли	
	Промышленные зоны							
	западная		южная		северная			
	т/год	уд. вес, %	т/год	уд. вес, %	т/год	уд. вес, %	т/год	уд. вес, %
Машиностроение и металлообработка	176,2	1,9	-	-	895,8	11,0	1072,0	5,0
Легкая	-	-	5,5	0,1	251,0	3,1	256,5	1,2
Пищевая	205,2	2,2	2915,5	70,1	311,3	3,8	3432,0	15,9
Электроэнергетика	7202,8	77,0	306,2	7,4	9,9	0,1	7518,9	34,7
Черная металлургия	181,4	1,9	-	-	259,4	3,2	440,8	2,0
Химическая и нефтехимическая	684,5	7,3	137,2	3,3	2508,4	30,9	3330,1	15,4
Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная	42,0	0,4	685,8	16,5	19,9	0,2	747,7	3,5
Транспорт и связь	661,0	7,1	-	-	144,7	1,8	805,7	3,7
Строительство	-	-	47,5	1,1	-	-	47,5	0,2
Промышленность строительных материалов	176,2	1,9	-	-	3729,1	45,9	3905,3	18,0
Материально-техническое снабжение и заготовки	19,0	0,2	58,7	1,4	-	-	77,7	0,4
Всего по зонам	9348,3	100,0	4156,4	100,0	8129,5	100,0	21634,2	100,0
Всего по городу	9348,3	43,2	4156,4	19,2	8129,5	37,6	21634,2	100,0

Практически вдвое меньше приходится выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на предприятия промышленности строительных материалов (18,0 %), предприятия пищевой промышленности (15,9 %) и химической и нефтехимической отраслей промышленности.

Незначительный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на предприятия легкой промышленности (1,2 %), черную металлургию (2,0 %), строительство (0,2 %), материально-техническое снабжение и заготовки (0,4 %), что также следует учитывать при разработке мероприятий, направленных на снижение уровня загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий г. Гомеля.

Если рассматривать объемы выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями г. Гомеля и прилегающих территорий Гомельского района с учетом различных промышленных зон, то, как уже отмечалось, максимальный объем (77,0 %) выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на предприятия электроэнергетики, расположенные на территории западной промышленной зоны города (КУП «Гомельские районные тепловые сети», Гомельская ТЭЦ-2 РУП «Гомельэнерго», КПУП «Гомельоблтеплосеть», ОАО «Электроаппаратура», СП ОАО «Электротехнический завод»), а также на пищевую промышленность (70,1 %) южной промышленной зоны (ОАО «Совхоз-комбинат «Сож», ОАО «Птицефабрика Рассвет», ОАО Агрокомбинат «Южный», Колхоз СПК «Урицкое», ОАО «Гомельская птицефабрика», КСУП «Тепличное», РУП «Гомельский ликеро-водочный завод», ОАО «Молочные продукты», ОАО «Гомельский мяскокомбинат», ОАО «Гомельский жировой комбинат», филиал «Новобелицкий комбинат хлебопродуктов» ОАО «Гомельхлебпром»). Практически вдвое меньше приходится выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на предприятия химической и нефтехимической отрасли промышленности (30,9 %), промышленности строительных материалов (45,9 %) северной промышленной зоны.

Незначительный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу – 0,1 % – приходится на предприятия легкой промышленности южной промышленной зоны и столько же на электроэнергетику северной промышленной зоны; 0,2 % – на деревообрабатывающую и целлюлозно-бумажную отрасли промышленности северной промышленной зоны и западной промышленной зоны (0,4 %), что также следует учитывать при разработке мероприятий, направленных на снижение уровня загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий г. Гомеля и прилегающих территорий.

### Выводы

1 согласно данным статистической отчетности за период 2003 – 2009 гг. динамика объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу характеризуется тенденцией роста; учитывая такую тенденцию, в 2010 году объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу будет составлять 25206,2 т/год, а в 2011 году – 30577,8 т/год;

2 с учетом расположения промышленных предприятий и производственных комплексов в г. Гомеле выделяется три крупные промышленные зоны – западная, южная и северная;

3 максимальный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на западную промышленную зону; минимальный – на южную;

4 максимальный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на предприятия электроэнергетики, расположенные на территории западной промышленной зоны города, а также на предприятия химической и нефтехимической отрасли промышленности и промышленности строительных материалов северной промышленной зоны;

5 незначительный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на предприятия легкой промышленности южной промышленной зоны, электроэнергетику северной промышленной зоны; деревообрабатывающую и целлюлозно-бумажную отрасли промышленности северной промышленной зоны и западной промышленных зон.

**Резюме.** Загрязнение природной среды тяжелыми металлами, которые попадают в среду обитания человека в результате природных процессов и в большем количестве вследствие интенсивного развития промышленности, нерационального использования природных ресурсов и урбанизации жизни общества достигает угрожающих масштабов во многих регионах и в мире в целом. В этой связи в рамках экологического мониторинга важным является получение полной информации о загрязнении и необходимость повышения эффективности методов контроля за изменением уровня загрязняющих веществ в атмосфере.

В статье содержатся данные по загрязнению атмосферы города Гомеля и прилегающих территорий выбросами промышленных предприятий; результаты промышленного зонирования города и определения степени антропогенной нагрузки с учетом различных отраслей промышленности трех промышленных зон города Гомеля.

**Abstract.** Environment pollution by heavy metals which get to an inhabitancy of the person as a result of natural processes and in bigger quantity owing to intensive development of the industry, irrational use of natural resources and an urbanization of a life of a society reaches menacing scales in many regions and in the world as a whole. Thereupon within the limits of ecological monitoring reception of the full information on pollution and necessity of increase of efficiency of a quality monitoring behind change of level of polluting substances in atmosphere is important.

In article data on pollution of atmosphere of a city of Gomel and adjoining territories emissions of the industrial enterprises contain; results of industrial zoning of a city and definition of degree of anthropogenous loading taking into account various industries of three industrial zones of a city of Gomel.

### Литература

1. Хаданович, А.В. Особенности распределения и иммобилизации ионов тяжелых металлов в системе почва-растение (на примере Гомельского региона): автореферат диссертации / А.А. Хаданович. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2008. – 22 с.

2. Гладков, Е.А. Влияние комплексного взаимодействия тяжелых металлов на растения мегаполисов / Е.А. Гладков // Экология. – 2007. – №1. – с. 71-74.

3. Какарека, С.В. Выбросы тяжелых металлов и стойких органических загрязнителей: источники, оценка, регулирование / С.В. Какарека // НАНБ, институт проблем использования природных ресурсов и экологии. – Мн., 2005. – 42с.

4. Годовой обзор состояния загрязнения атмосферного воздуха в городе Гомеле за 2003 – 2009 гг. / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Департамент метеорологии, Гомельский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / лаборатория экологического мониторинга ГУ «Гомельобл-гидромета». — Гомель, 2003 – 2009 – 25 с.

УДК 636.596:619:546.81

## Особенности накопления свинца в органах и тканях сизого голубя

М. Е. НИКИФОРОВ, Е. Г. ТЮЛЬКОВА

### Введение

Согласно аналитических данных, качество окружающей среды в Республике Беларусь за последние годы оценивается как стабильно благополучное [1].

Однако рост промышленных предприятий, развитие научно-технического прогресса, сильнозагрязненные почвы большого количества контролируемых городов Республики Беларусь (по свинцу установлены наибольшие коэффициенты аномальности – отношение среднего содержания загрязнителя в почве к среднему фоновому содержанию) свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования методов контроля за состоянием окружающей среды.

Для мониторинговых исследований достаточно перспективными представляются результаты комплексных исследований зависимости химизма оперения птиц от характера питания, степени антропогенной нагрузки региона, характера местообитания вида птиц. Важным является также выяснение возможностей оценки загрязнения организма птицы путем прижизненного исследования перьевого покрова. Изучение уровней накопления тяжелых металлов в печени и почках птиц в зависимости от их количества, поступающего из внешней среды, имеет важное значение, так как это органы, где происходит детоксикация и выведение токсикантов из организма птиц. Кости птиц отражают результаты длительного воздействия на организм токсикантов из внешней среды.

В этой связи целью нашего исследования явилось изучение особенностей накопления свинца в органах и тканях птиц и возможности их использования для оценки степени антропогенной нагрузки на природную среду региона.

### Материал и методы исследования

В соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 г. № 585 настоящее исследование соответствует одному из приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг. «Проблемы миграции и накопления загрязняющих веществ в ландшафтах и трофических цепях» и может являться основой для разработки эффективных мер сохранения популяций птиц и охраны окружающей среды от химического загрязнения и рационального природопользования.

Схема исследований представлена на рисунке 1.

Эксперимент проводился в течение 2009–2010 гг. на сизых голубях как типичных представителях растительноядных видов. Всего было сформировано 7 групп птиц: 1-я – контрольная, 2–7-я – опытные. Перед началом введения свинца у птиц извлекли перья: по 4 рулевых и по 2 маховых с каждой стороны. Во время эксперимента каждую птицу содержали отдельно в клетке размером 34×30×27 см. Свинец и кадмий совместно со свинцом вводили с хлебом в виде растворов солей  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\times 3\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CdCl}_2\times 2,5\text{H}_2\text{O}$ .

Количество вводимых элементов представлено в таблице 1.

Свинец в эксперименте был выбран потому, что по токсичности этот элемент принадлежит к первому классу опасности; в списке химических загрязнителей он занимает приоритетное положение и является кумулятивным ядом, способным аккумулироваться в костях, печени и почках.

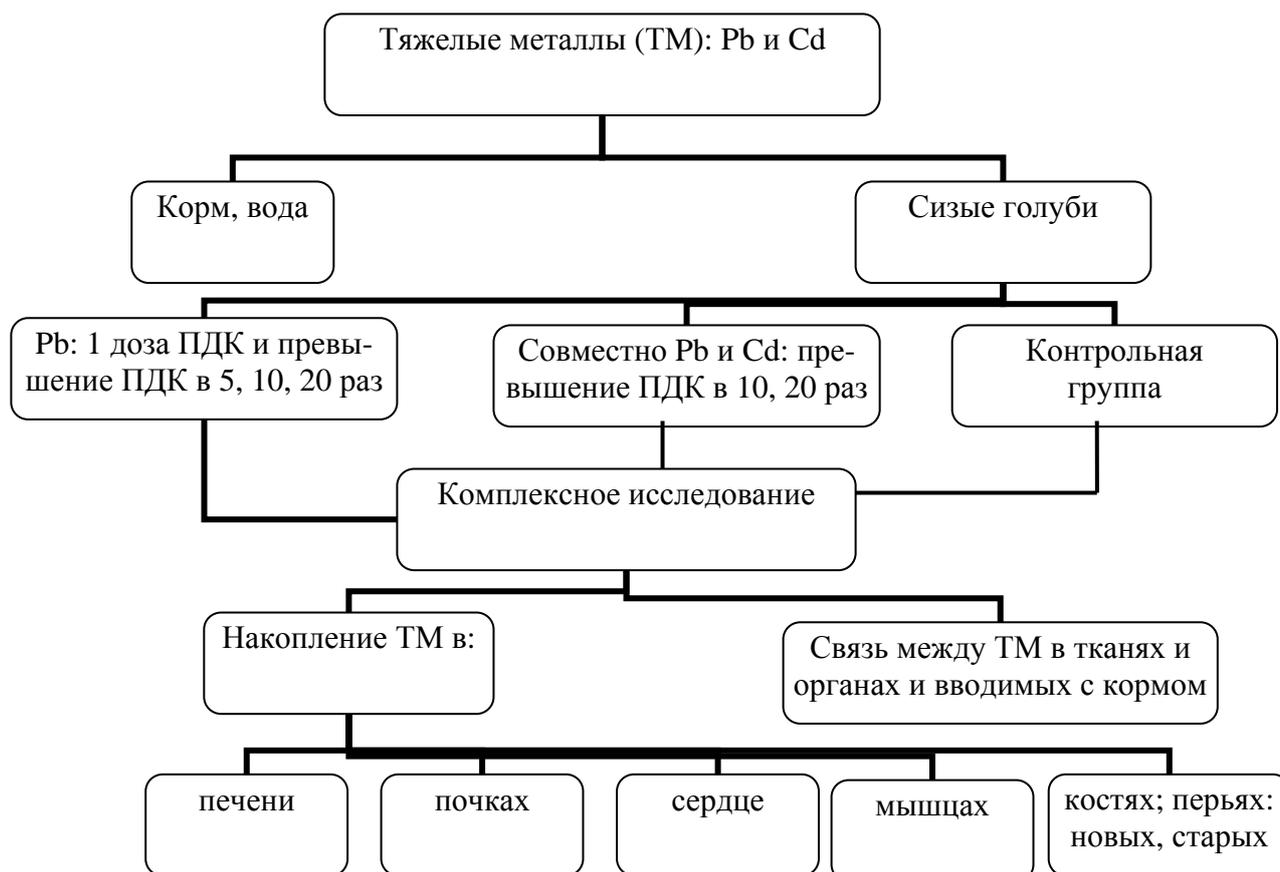


Рисунок 1 – Схема исследований

Таблица 1 – Количество свинца и кадмия, вводимого с кормом

Доза свинца и кадмия	Количество свинца и кадмия, мг
1 Pb	0,32
5 Pb	1,6
10 Pb	3,2
20 Pb	6,4
10 Pb +10 Cd	3,2+0,28
20 Pb +20 Cd	6,4+0,568

Птицы контрольной группы получали только корм, птицы 2 – 7-й опытных групп получали с хлебом и кормом растворы солей свинца, содержащие 1 дозу ПДК в корме по свинцу (5,0 мг/кг) и дозы, превышающие ПДК по свинцу в 5, 10 и 20 раз; а также совместно свинец и кадмий в дозах, превышающих ПДК в 10 и 20 раз. Совместное введение свинца и кадмия обусловлено выяснением возможного синергического или антагонистического влияния кадмия на уровень накопления свинца в тканях и органах птиц.

В состав кормовой смеси входили зерно злаковых культур, шрот подсолнечный, мука кормовая, мел, фосфат, премикс, соль, авизим. Массовая доля сырого протеина в корме составляла 14,26 %; кальция – 2,03 %; фосфора – 0,58 %.

Свинец прекратили вводить в рацион в момент времени, когда на месте извлеченных перьев оформились новые, которые также были извлечены. Кроме того, в конце эксперимента были извлечены также и старые перья птиц по такой же схеме: по 4 рулевых и по 2 маховых с каждой стороны.

По окончании введения свинца и свинца совместно с кадмием был проведен убой птиц всех наблюдаемых групп. Взяты пробы печени, почек, сердца, мышечной и костной ткани.

Анализ содержания свинца в перечисленных органах и тканях, а также перьях и костях сизых голубей проводились в химико-аналитической испытательной лаборатории ГНУ

«Центральный ботанический сад НАН Беларуси» методом индуктивно сопряженной плазменной масс-спектрометрии. Подготовка проб осуществлялась методом мокрой минерализации в присутствии концентрированных соляной и серной кислот.

В работе были определены коэффициенты накопления свинца как отношение содержания свинца в органах, костях и перьях птиц к его количеству, поступившему с кормом, выраженное в процентах.

### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты определения содержания свинца в тканях и органах сизого голубя, представленные в таблице 2, показали, что накопление свинца различными органами и тканями птиц происходит неравномерно при различном количестве свинца, введенного с кормом.

Так, наибольшие уровни накопления свинца при всех его дозах в корме обнаружены в костях и перьях птиц, что возможно связано с депонирующей микроэлементной функцией костей и отсутствием барьерных механизмов мертвых клеток пера при проникновении чужеродных веществ. Следует отметить, что по мере увеличения количества свинца в корме от 1 до 20 доз уровни накопления его в костях и перьях также возрастали.

Таблица 2 – Содержание свинца в органах и тканях сизого голубя

Количество свинца	Содержание свинца, мкг/г сухого вещества							
	сердце	печень	почки	мышцы	кости	перья		
						до введения свинца	новые	после окончания введения свинца
1 Рь	0,048	0,052	0,209	0,183	11,014	0,444	0,233	0,966
5 Рь	0,010	0,552	1,308	-	12,737	1,160	0,982	1,937
10 Рь	0,014	0,693	1,984	-	19,920	1,672	3,520	5,565
20 Рь	0,085	2,340	6,035	0,128	31,472	2,614	21,208	6,168
10+10	-	1,011	2,331	-	30,083	-	5,005	2,665
20+20	-	2,549	6,088	-	27,502	2,528	13,084	8,693
контроль	0,026	0,054	0,146	-	5,432	0,171	0,343	0,594

Совместное введение свинца и кадмия не показало устойчивого эффекта влияния кадмия на концентрации свинца в костях и перьях, так как добавление к 10 дозам свинца 10 доз кадмия привело к снижению содержания свинца в перьях и росту в костях по сравнению с введением только 10 доз свинца. Введение 20 доз свинца совместно с 20 дозами кадмия привело к росту его содержания в перьях и снижению в костях по сравнению с введением только 20 доз свинца.

Интерес представляют результаты определения содержания свинца в перьях, выросших в условиях эксперимента. Количество свинца в новых перьях подобно старым перьям после окончания введения свинца также увеличивалось по мере роста вводимых с кормом доз, однако в новых перьях этот рост был более резким, что отразилось на изменении величины коэффициента накопления свинца в перьях птиц. Так, введение 1 дозы свинца привело к его накоплению в новых перьях до 0,233 мкг/г сухого вещества (в старых – до 0,966); 20 доз свинца в корме привело к его содержанию в новых перьях 21,208 мкг/г сухого вещества, в старых – 6,168.

Результаты анализа литературных данных показали следующие результаты по содержанию свинца и кадмия в перьях различных видов птиц: свинец – 0,1 – 0,5, кадмий – 0,01–0,15 мг/г сухого веса [2]; кадмий 2,40 – 9,12; свинец 16,9 – 277 мкг/кг [3]; свинец 1,1 – 28,5 мкг/г сухой массы [4]; повышение концентраций в загрязненной зоне по сравнению с кон-

тролем по свинцу – 0,543 до 1,47 мкг/г сухой массы [5]. Выяснению характера влияния кадмия на содержание свинца при совместном их поступлении внимание не уделяется.

Кроме того, имеются данные о том, что свинец, например, присутствует как на наружной поверхности, так и внутри перьев, кадмий и медь находятся преимущественно внутри перьев, а цинк – исключительно внутри перьев и загрязнение перьев металлами наиболее значительно у городских всеядных птиц по сравнению с птицами, обитающими на прилегающих к городу территориях [6].

Некоторыми исследователями рассматривается проблема связи содержания тяжелых металлов в оперении птиц с их таксономическим положением [7]. При этом в оперении исследуемых птиц выделяется две группы элементов – сопряженные (медь, цинк, марганец, никель и кобальт) и несопряженные (хром, ванадий, титан, молибден, железо и серебро) и для каждого таксона птиц можно выделить характерную группу элементов. Соотношение этих элементов в оперении отражает систематическое положение птицы.

Результаты изучения закономерностей аккумуляции тяжелых металлов в оперении различных участков тела птиц («шапочки», спинки и брюшка) показали, что оперение «шапочки» аккумулирует большее количество тяжелых металлов (кроме свинца), чем другие участки [8]; по данным других авторов, рулевые перья птиц способны накапливать большее количество тяжелых металлов по сравнению с маховыми перьями [9].

Сравнение содержания свинца, никеля, кадмия, молибдена, железа, марганца, цинка, хрома и ртути в костной ткани птиц показало видовую специфику в уровнях накопления хрома, свинца, никеля, кадмия, молибдена и ртути и преимущественную аккумуляцию никеля и кадмия в костях птиц-фитофагов, а свинца и молибдена – у хищных птиц.

Кроме того, концентрации некоторых металлов в костях коррелируют друг с другом [4]. Умеренная корреляция в костях установлена между медью и кобальтом (0,52), медью и хромом (0,58), мышьяком и хромом (0,45), свинцом и никелем (0,44). Сильная корреляция отмечена между хромом и марганцем (0,82).

В наших исследованиях установлено, что по сравнению с содержанием до начала эксперимента (0,171 – 2,614 мкг/г сухого вещества) во всех группах отмечается рост уровней накопления свинца в старых перьях до 0,966 – 8,693 мкг/г сухого вещества и перьях, выросших в условиях эксперимента, до 0,233 – 21,208 мкг/г сухого вещества по мере увеличения вводимых с кормом доз свинца, что можно использовать для прижизненной оценки характера загрязнения организма птицы путем исследования перьевого покрова. Накопление свинца в костях при его различном поступлении в организм по сравнению с контролем важно для обоснования возможности использования птиц в качестве биоиндикаторов и возможно использовать при исследовании мертвых остатков птиц для оценки степени антропогенного воздействия на организм.

Известно, что отравляющий эффект тяжелых металлов в целом и свинца в частности проявляется в том, что они способны чисто механически засорять организм: оседать на стенках сосудов, почечных каналов, каналов печени, таким образом снижая фильтрационную способность этих органов. Соответственно, это приводит к накоплению токсинов и продуктов жизнедеятельности клеток организма, т.е. самоотравлению организма, так как именно печень отвечает за переработку токсичных веществ, попадающих в организм, и продуктов жизнедеятельности организма, а почки – за их выведение из организма.

Из данных таблицы 2 видно, что при введении 1 дозы свинца с кормом его концентрация в печени составила 0,052 мкг/г сухого вещества, в почках – 0,209 при контроле 0,054 и 0,146 мкг/г сухого вещества соответственно в каждом органе. Далее, по мере роста доз свинца в корме аналогично перьям наблюдается увеличение уровней его содержания в печени и почках, причем почки характеризуются более высокими по сравнению с печенью уровнями содержания свинца по мере роста его концентраций в корме, что, возможно, связано с процессом интенсификации функционирования выделительной системы организма при увеличении токсичного воздействия [3].

Совместное введение свинца и кадмия с кормом отразилось ростом концентраций свинца в печени и почках по сравнению с его введением без кадмия, что также следует учи-

тывать при оценке степени загрязнения организма птиц. Так, при введении 10 доз свинца и 10 доз кадмия с кормом содержание свинца в печени составило 1,011 мкг/г сухого вещества, в почках – 2,331, а при 10 дозах свинца без кадмия – 0,693 и 1,984 мкг/г сухого вещества, соответственно в каждом органе. Такая же картина роста наблюдалась и при 20 дозах свинца и 20 дозах кадмия совместно.

По накоплению свинца и кадмия в печени птиц в литературе существуют следующие данные: свинец – 0,06 – 21,4 мг/г [4]; свинец – 6,3 – 14,1 мкг/г, кадмий – 0,1 – 2,2 [10]; свинец – 0,58 – 58,13 мг/кг, кадмий – 0,11 – 1,04 [11]; свинец – 3,6 мг/кг у взрослых особей и 2,9 – у птенцов, кадмий – 0,8 у взрослых особей [12].

Свинец и кадмий в почках птиц содержится в следующем количестве: свинец – 6,5 – 200,0 мг/г, у сизого голубя – свинец – 6,46 – 24,2 мг/г, кадмий – 1,92 – 8,96 мг/г сухого веса [4]; свинец – 8,9 – 19,5 мкг/г, кадмий – 1,9 – 6,4 [10]; свинец – 0,84 – 2,0 мг/кг, кадмий – 0,11 – 1,45 мг/кг [11]; свинец – у взрослых особей – 9,5 мг/кг, у птенцов – 8,9, кадмий – 7,8 у взрослых и 4,1 мг/кг у птенцов [12].

Полученные нами данные по содержанию свинца в мышцах и сердце показали, что сердечные мышцы характеризуются неустойчивой тенденцией изменения концентраций и отсутствием роста уровней накопления свинца по мере увеличения его содержания в корме, что, возможно, связано с функцией кровообращения в организме. Исследование мышечной ткани позволило установить содержание свинца при 1 дозе в корме и при 20 дозах, что недостаточно для выявления каких-либо особенностей и закономерностей и оценки степени загрязнения организма птицы.

С целью определения соотношения поступившего в организм свинца и его количества, накопленного в органах и тканях, нами были рассчитаны коэффициенты накопления, значения которых показаны в таблице 3.

Из данных таблицы 3 видно, что наибольшими коэффициентами накопления свинца при его различном количестве в корме характеризуются кости, перья и почки птиц.

Таблица 3 – Коэффициенты накопления свинца

Органы птиц	Коэффициенты накопления, %			
	количество свинца в корме, дозы			
	1 Pb	5 Pb	10 Pb	20 Pb
сердце	0,0150	0,0006	0,0004	0,0013
печень	0,0163	0,0345	0,0217	0,0366
почки	0,0653	0,0818	0,0620	0,0943
мышцы	0,0572	0,0000	0,0000	0,0020
кости	3,4419	0,7961	0,6225	0,4918
перья новые	0,0728	0,0614	0,1100	0,3314
перья после окончания введе- ния свинца	0,3019	0,1211	0,1739	0,0964

При этом для костей и перьев после окончания опыта величина этого показателя снижается в направлении от 1 дозы свинца в корме к 20 дозам; для почек наблюдается рост величины коэффициента накопления по мере увеличения свинца в корме с 0,0653 % (при 1 дозе свинца) до 0,0943 % (при 20 дозах свинца); для перьев, выросших в условиях эксперимента, этот показатель несколько выше по сравнению с почками, и его рост составил с 0,0728 % (при 1 дозе свинца) до 0,3314 % (при 20 дозах свинца), что указывает на преобладающую реакцию почек и новых перьев на рост величины токсического воздействия на организм.

С целью установления характера связи между свинцом, вводимым в организм сизых голубей с кормом, и его содержанием в перьях, костях и органах были определены коэффициенты корреляции и получены уравнения тренда, представленные в таблице 4.

В соответствии с литературными данным установлена регрессионная зависимость возрастного накопления кадмия в печени птиц, свинца в костях [11]; корреляция между со-

держанием в печени ртути и селена [13]; отрицательная корреляция между содержанием в крови свинца и активностью аминолеулилатдегидратазы [14]; корреляция между содержанием молибдена, меди и хрома в печени [15]; между концентрацией кадмия в печени и почках [16]; между количеством ртути в крови взрослых орланов и их птенцов [17].

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции и уравнения тренда содержания свинца в перьях и органах сизого голубя в зависимости от его количества в корме

Органы и ткани сизого голубя	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Уравнения тренда
печень	0,974	0,949	$y = -0,15 + 0,37x$
почки	0,982	0,965	$y = -0,35 + 0,95x$
кости	0,992	0,984	$y = 8,67 + 3,51x$
перья новые	0,946	0,896	$y = -3,81 + 3,57x$
перья после окончания введения свинца	0,908	0,824	$y = 1,08 + 0,90x$

Установлению корреляционных связей и других зависимостей между элементами, другими органами и тканями птиц и поступающим количеством этих элементов из внешней среды уделено меньше внимания, что, возможно, связано с исследованиями других биоиндикаторов, таких как рыбы, планктонные организмы, растительность.

В результате наших исследований установлена высокая положительная корреляционная связь между накоплением свинца в перьях, выросших в условиях эксперимента, а также печени, почках и костях и его количеством в корме: коэффициенты корреляции составили 0,946, 0,974, 0,982 и 0,992, соответственно каждому органу, что показано в таблице 4. Несколько ниже (0,908) коэффициент корреляции определен для перьев после окончания введения свинца. Наличие высокой положительной корреляционной связи между свинцом, поступающим в организм птицы, и его накоплением в перьях важно для обоснования возможности прижизненной оценки степени загрязнения организма птиц с использованием перьевого покрова.

Величина коэффициентов детерминации (0,824 – 0,984), показанная в таблице 4, указывает на зависимость накопления свинца в органах и перьях птиц от его количества в корме, близкую к линейной регрессии.

Результаты расчета парных коэффициентов корреляции, представленные в таблице 5, показали наличие высокой корреляционной связи между содержанием свинца в печени, почках, костях и перьях, выросших в условиях эксперимента (коэффициенты корреляции составили 0,983, 0,985, 0,959 в указанных случаях), что, возможно, является результатом влияния на рост пера метаболических процессов организма, происходящих при этом, и может быть использовано для обоснования оценки характера загрязнения организма птицы путем прижизненного исследования перьевого покрова.

Таблица 5 – Матрица парных коэффициентов корреляции

Органы	Количество свинца в корме	Сердце	Печень	Почки	Кости	Перья новые
сердце	0,607	1,000				
печень	0,974	0,708	1,000			
почки	0,982	0,709	0,999	1,000		
кости	0,992	0,675	0,966	0,977	1,000	
перья новые	0,946	0,820	0,983	0,985	0,959	1,000
перья после окончания введения свинца	0,908	0,340	0,791	0,815	0,904	0,747

Также выявлена высокая корреляционная связь между содержанием свинца в костях и в печени и почках.

Для получения достоверной регрессионной зависимости между уровнями накопления свинца в перьях, органах и тканях птиц и его количеством в корме планируется продолжить работу в этом направлении.

### Выводы

1 путем изучения зависимости накопления свинца в тканях и органах сизого голубя от его количества, вводимого с кормом, реализован комплексный подход к оценке уровня загрязнения организма птиц в системе «окружающая среда – вид-индикатор» на птицах, взятых из антропогенного ландшафта;

2 в печени, почках, костях и перьях птиц наблюдался рост концентрации свинца по мере увеличения его количества, вводимого с кормом; совместное введение свинца и кадмия с кормом отразилось ростом концентраций свинца в печени и почках по сравнению с его введением без кадмия;

3 наибольшими коэффициентами накопления свинца при его различном количестве в корме характеризуются перья, кости и почки птиц; для почек и новых перьев наблюдается рост величины коэффициента накопления по мере увеличения свинца в корме;

4 установлена высокая положительная корреляционная связь между уровнями накопления свинца в перьях, костях, печени и почках и его количеством в корме, между содержанием свинца в печени, почках, костях и перьях, выросших в условиях эксперимента, между содержанием свинца в костях и в печени и почках, а также получены уравнения тренда, позволяющие прогнозировать содержание свинца в органах птиц в зависимости от его количества, поступающего из внешней среды.

**Резюме.** Для мониторинговых исследований достаточно перспективными представляются результаты изучения зависимости химизма оперения, печени, почек, костной ткани птиц от характера питания, а также возможности оценки загрязнения организма птицы путем прижизненного исследования перьевого покрова.

Изучением особенностей накопления свинца в печени, почках, сердце, мышцах, костях и перьях сизых голубей при введении различного его количества с кормом показаны максимальные концентрации свинца в перьях и костях птиц. Увеличение количества свинца в корме приводило к росту его концентрации в печени, почках, костях и перьях птиц. При этом установлена высокая положительная корреляционная связь между уровнями накопления свинца в перьях, костях, печени и почках и его количеством в корме, между содержанием свинца в печени, почках, костях и перьях, выросших в условиях эксперимента, между содержанием свинца в костях и в печени и почках, а также получены уравнения тренда, позволяющие прогнозировать накопление свинца в органах, костях и перьях птиц в зависимости от его количества, поступающего из внешней среды.

**Abstract.** For researches perspective results of dependence study chemistry plumage, a liver, kidneys of birds from character of a food are represented, and also possibility of an estimation of bird organism pollution by lifetime research a cover.

By studying of features of lead accumulation pigeons liver, kidneys, heart, muscles, feathers at introduction of its various quantity with a forage the maximum concentration of lead in feathers and bones of birds are shown. The increase in lead quantity in a forage led to growth of its concentration in a liver, kidneys, bones and feathers of birds. High positive correlation connection between levels of accumulation of lead in feathers, liver, bones and kidneys and its quantity in a forage, between the lead maintenance in liver, kidneys, bones and the feathers which have grown in the conditions of experiment is thus established, and also the trend equations are received, allowing to predict lead accumulation in bodies and feathers of birds depending on its quantity arriving from an environment.

### Литература

1. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2008 / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, гл. информ.-аналит. центр Национальной системы мониторинга

- окружающей среды Республики Беларусь, РУП «Бел НИЦ «Экология»; под ред. С.И. Кузьмина, С.П. Уточкиной. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2009. – 340 с.
2. Risk to breeding success of ardeids by contaminants in Hong Kong: Evidence from trace metals in feathers / D.W. Connell [et al.] // *Ecotoxicology*. – 2002. – Vol. 11, № 1. – P. 49-59.
  3. Кирьякулов, В.М. Последствия загрязнения свинцом и другими поллютантами среды обитания водоплавающей дичи : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 ; 06.02.03 / В.М. Кирьякулов; ФГОУ ВПО «Российский государственный аграрный заочный университет». – М., 2009. – 22 с.
  4. Лебедева, Н.В. Экотоксикология и биогеохимия географических популяций птиц / Н.В. Лебедева. – М.: Наука, 1999. – 199 с.
  5. Concentrations of metals in blood and feathers of nestling ospreys (*Pandion haliaetus*) in Chesapeake and Delaware Bays / B.A. Ratter [et al.] // *Arch. Environ. Contam. and Toxicol.* – 2008. – №1. – P. 114 – 122.
  6. Comparative tissue distribution of metals in birds in Sweden using ICP-MS and laser ablation ICP-MS / H. Ek Kristine [et al.] // *Arch. Environ. Contam. and Toxicol.* – 2004. – Vol. 47, № 2. – P. 259 – 269.
  7. Добровольская, Е.В. Особенности содержания рассеянных химических элементов в оперении птиц разных таксонов / Е.В. Добровольская // *Успехи современной биологии*. – 2002. – № 5. – С. 489 – 494.
  8. Лысенкова, Л.Е. Содержание тяжелых металлов в оперении большой синицы (*Parus major major* L.), обитающей в районе города Саранска / Л.Е. Лысенкова, О.С. Шубина // *Успехи современного естествознания*. – 2004. – № 6. – С. 112 – 113.
  9. Kaimal, B. Laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry as a technique to quantify trace metals in bird feathers / B. Kaimal, R.E. Hannigan, C.B. Dowling // *ICP Inf. Newslett.* – 2007. – №8. – P. 839.
  10. Pieter, H. Metal concentrations in selected organs and tissues of five Red-knobbed Coot (*Fulica cristata*) populations / Pieter, H. // *Water SA*. – 2003. – Vol. 29, № 3. – P. 313-322.
  11. Сергеев, А.А. Тяжелые металлы в охотничьих птицах Кировской области (биологические, индикационные и санитарно-гигиенические аспекты) : дис. ... канд. биол. наук : 06.02.03 / А.А. Сергеев. – Киров, 2003. – 183 с.
  12. Родзин, Е.В. Эколого-токсикологический анализ тяжелых металлов в организме серой вороны в Люберецком районе Московской области / Е.В. Родзин, В.М. Константинов, Н.Н. Федоровский // *Врановые птицы в антропогенном ландшафте: межвузовский сборник научных трудов*, Липецк: ЛГПУ. – 2001. – Вып.4. – С. 104-107.
  13. Mercury and selenium concentrations in livers and eggs of common loons (*Gavia immer*) from Minnesota / K. Bischoff [et al.] // *Arch. Environ. Contam. and Toxicol.* – 2002. – Vol. 42, № 1. – P. 71-76.
  14. Strom, Sean M. Aminolevulinic acid dehydratase activity in American dippers (*Cinclus mexicanus*) from a metal-impacted stream / Strom Sean M., Ramsdell Howard S., Archuleta Andrew S. // *Environ. Toxicol. and Chem.* – 2002. – Vol. 21, № 1. – P. 115-120.
  15. The distribution of molybdenum in the tissues of wild ducks / M. Mariko. [et al.] // *Environ. Monit. and Assess.* – 2002. – Vol. 77, № 2. – P. 155-161.
  16. Barjaktarovic, L. Metal and metallothionein concentrations in scoter (*Melanitta* spp.) from the Pacific northwest of Canada / L. Barjaktarovic, J.E. Elliott, A.M. Scheuhammer // *Contam. and Toxicol.* – 2002. – Vol. 43, № 4. – P. 486-491.
  17. Weech, S.A. Mercury exposure and reproduction in fish-eating birds breeding in the Pinchi lake region, British Columbia / S.A. Weech, A.M. Scheuhammer, J.E. Elliott // *Environ. Toxicol. and Chem.* – 2006. Vol. 25, № 5. – P. 1433-1440.

---

## РЕЦЕНЗИИ

---

УДК 39

### Евреи в Полесье

(Рецензия на книгу Леонида Смиловицкого «Евреи в Турове. История местечка Мозырского Полесья», Иерусалим, 2008 г., 848 с.: илл. ISBN 978-965-555-352-9)

ВЛАДИМИР ЛИВШИЦ

История еврейского местечка в последние годы все больше привлекает внимание исследователей. Можно сказать, что это тема, наконец, дождалась своего часа. Северо-Западный край Российской империи, значительная часть которого оказалась в черте еврейской оседлости – это бывший заповедный край еврейского мира, с его переживаниями и радостями, тревогами и заботами, достижениями и потерями.

Если раньше о жизни местечкового еврея в основном делились люди преклонного возраста, то сегодня на наших глазах это все больше становится перспективным направлением научного исследования. Возможна ли реконструкция этого мира через архивы и воспоминания, свидетельства и мемуары? Насколько под силу решить подобную задачу молодым историкам, не родившимся и не жившим в местечке?

В 2006--2008 гг. в Израиле, России и Беларуси вышло несколько книг по истории еврейских общин Беларуси. Это работы Аркадия Зельцера («Евреи советской провинции: Витебск и местечки, 1917-1941 гг.», Москва, 2006 г.), Александра Литина («История могилевского еврейства. Документы и люди», Минск, 2006 г.), Владимира Цыпина («Евреи в Мстиславе», Хайфа, 2006 г.), Альберта Кагановича («Речица: история еврейского местечка Юго-Восточной Белоруссии», Иерусалим, 2007 г.) и Леонида Смиловицкого («Евреи в Турове. История местечка Мозырского Полесья», Иерусалим, 2008 г.).

Остановимся на последней работе. Когда берёшь в руки монографию Л. Смиловицкого, фолиант большого формата объемом почти 900 страниц, который включает не менее 200 фотографий и карт, то первая мысль, которая приходит на ум: существует ли подобное исследование по истории самого Турова, древнейшего города Беларуси, которому больше тысячи лет? К сожалению, нет. Белорусские исследователи интересовались Туровым только как центром удельного княжества, распавшегося в 12 веке. Этому периоду его прошлого посвящена не одна монография, что же было потом -- остается за кадром.

Раскрыть эту невидимую сторону «Луны» и задумал Леонид Смиловицкий. Он усложнил свою задачу тем, что поставил в фокус своего исследования жизнь еврейской общины Турова, которая до сих пор в литературе упоминалась лишь мельком. А ведь Туров после Мозыря по праву считался центром еврейской жизни белорусского Полесья. В 1765 г. в Турове проживало 316 евреев, а к 1847 г. -- 1447 евреев. Первая Всероссийская перепись 1897 г. насчитала здесь 2252 евреев, что составляло 52,3 % населения местечка!

После революции 1917 г. количество еврейских жителей Турова составило 2207 чел., или 35,5%, а в 1939 г. – 1528 евреев, или 28%. В настоящее время в Турове, который административно входит в Житковичский район Гомельской области, семья Арона Флейтмана – это все, что осталось от некогда многочисленной и полнокровной еврейской общины. Следы ее можно найти только на еврейском кладбище в урочище Казаргать и в местном краеведческом музее.

Леонид Смиловицкий, доктор исторических наук, старший научный сотрудник Центра по изучению еврейской диаспоры при Тель-Авивском университете, почти двадцать лет зани-

мается историей евреев Беларуси. Его книги и статьи на разных языках можно без труда найти в Интернете, стоит только набрать имя и фамилию автора в любой поисковой программе.

Туров расположен на перекрестке путей между Россией, Украиной и Польшей. Хронологические рамки исследования охватывают период с конца 18-го до конца 20 века, когда произошли становление, расцвет и угасание общины.

Монография профессора Смиловицкого – это результат многолетней работы автора в архивах, среди которых – семь белорусских, семь российских, один украинский, четыре израильских и два американских.

Автор со знанием дела рассматривает экономическую, культурную и духовную жизнь еврейской общины, анализирует вопросы образования, семьи и быта, здравоохранения. Он показывает влияние на местечки Мозырского Полесья трех русских революций, объясняет истоки и ход эмиграции, погромы гражданской войны, преследование Советской властью сионистов и закрытие синагог, социальную ломку местечка и сталинские репрессии.

Большие разделы книги посвящены трагедии общины в годы нацистской оккупации, участию евреев Турова в борьбе с нацистами на фронтах советско-германской войны, послевоенному восстановлению и угасанию еврейской жизни. На основе конкретно-исторических исследований профессор Смиловицкий восстанавливает культурологическую канву событий, стремится донести до читателя свое личное понимание общественно-политических и культурно-философских процессов, привлекает новые архивные материалы, способствующие объективному изучению роли и места еврейских общин в истории Беларуси.

На примере еврейской общины Турова автор показывает типичный штетл на территории бывшей Российской империи и Советского Союза. Книга пронизана историческим оптимизмом, ведь несмотря на всевозможные испытания, обрушивавшиеся на евреев в течение веков, преследования, изгнание, геноцид, они неизменно выживали. Автор приходит к выводу, что белорусское еврейство, в отличие от собратьев на Украине и Западе России, не испытывало заметных притеснений со стороны титульной нации в экономической и культурной сфере. Царская администрация одинаково пренебрежительно относилась ко всему, что выходило за пределы великорусской державности. Белорусам и евреям нечего было делить. Если на Украине евреи «делали» деньги, то белорусские *литвакес*, запертые в границах черты оседлости, в основном боролись за выживание и отдавали предпочтение еврейской учености. Здесь между евреями и белорусами не было выраженного межнационального антагонизма. Мифы о том, что все евреи – богоубийцы, религиозные фанатики и эксплуататоры, а позднее легенды о мировом еврейском заговоре против основ христианства не получили здесь широкого распространения. Царская администрация в Полесье была заинтересована в сохранении общественной стабильности. Такая позиция, как и устоявшиеся добрососедские отношения между евреями и белорусами, исключили межнациональные эксцессы, подобные тем, которые сотрясали Российскую империю во время первой русской революции. Не случайно погромы 1905–1907 гг. обошли стороной Туров, как и большинство других местечек Мозырского Полесья.

В чём, на наш взгляд, недостаток многих книг, посвящённых истории еврейских общин? В них много места посвящено экономике, политике, этнографии, культуре, но отсутствует личный фактор, мало рассказывается о людях, которые там жили, страдали и творили. Напротив, в книге «Евреи в Турове. История местечка Мозырского Полесья» приведены сотни таких судеб и свидетельств.

Исследование профессора Смиловицкого уделяет подобающее место изучению жизни провинции и "маленького человека", с его заботами и трудностями, радостями и достижениями. Поставленная задача блестяще выполнена. Особенно интересно и ярко рассказывается о судьбе эмигрантов из Турова в США, Канаду, Палестину, Англию и даже Южную Африку. Не менее убедительно раскрыты темы, посвященные семье и быту, религиозной жизни, особенностям еврейского образования. Подробно анализируется еврейское землеустройство и коллективизация.

Монография написана хорошим литературным языком и прекрасно издана полиграфически. Неоспоримым ее достоинством является изобразительный ряд. Вниманию читателя

представлена уникальная коллекция портретов, семейных фотографий, карт и редких документов. Это дает наглядное представление об эволюции еврейской жизни на примере Турова, начиная со второй половины XIX в. Книга снабжена богатым приложением, анализ которого может составить дополнительное исследование. Очень хорошо организован справочный аппарат монографии. Широко использованы материалы устной истории, воспоминания жителей Турова и их потомков, с которыми Л. Смиловицкий много лет поддерживал переписку.

Вместе с тем, не имея оснований вторгаться в профессиональную сферу автора, хотелось бы сделать несколько методологических замечаний. Понятно, что охватить подобный объем материала и не сделать определенных ложных ходов невозможно. Отдельные главы кому-то из читателей могут показаться лаконичными или, наоборот, излишне пространными. Некоторые примеры – не настолько убедительными, как это посчитал автор. Было бы очень интересно взглянуть на судьбу Турова глазами не только еврейских и белорусских историков, но и польских коллег, уделявших этому региону Полесья немало внимания на протяжении 18-20 вв. Какие связи сложились у евреев Турова в целом с их соседями в приграничных с белорусским Полесьем областях Украины и России? Что произошло с евреями, не захотевшими вернуться в Туров после войны? Хотелось бы больше узнать о послевоенном периоде в Турове, Мозырском районе и Полесской, а затем Гомельской области в целом.

Однако всё сказанное не умаляет значимости проделанной работы. Книга Леонида Смиловицкого – это полноценный опыт изучения истории еврейской общины на территории Российской империи и пришедшего к ней на смену Советского Союза. Она представляет собой важную веху в развитии региональной истории, будет полезна как специалистам-историкам, так и самому широкому кругу читателей, которые прочтут её с большим интересом.

Поступило 22.01.10

## Содержание

### МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАТИКА

<i>К 75-летию юбилею заслуженного деятеля науки Республики Беларусь И. В. Максимея...</i>	3
<i>Максимей И.В., Быченко О.В., Быченко Д.О., Гроздицкий Н.А., Езерский Д.Н., Медведева О.Н. Система автоматизации имитационного моделирования universal .....</i>	5
<i>Сморodin В.С., Клименко А.В., Короткевич В.А., Короткевич Л.И. Контроль имитации управляемых технологических процессов с вероятностными характеристиками функционирования .....</i>	9
<i>Галушко В. Н., Сукач Е.И. Метод имитационного моделирования функционирования городской транспортной системы .....</i>	16
<i>Сукач Е.И., Гируц П.В., Ратобылская Д.В. Моделирование и анализ транспортных сетей с учётом случайных параметров их функционирования .....</i>	21
<i>Ерофеева Е.А., Ратобылская Д.В., Запольский Н.Н. Определение резервов пропускной и перерабатывающей способностей железнодорожной сети на основе имитационного моделирования .....</i>	26
<i>Демиденко О.М., Маслович С. Ф. Демуськов А.Б. Библиотека формирования инвариантов рабочей нагрузки программно-технологического комплекса исследования ВП в МВС .....</i>	32
<i>Левчук В.Д., Маслович С. Ф., Старченко В.В. Состав и структура подсистемы проведения имитационных экспериментов программно-технологического комплекса имитации для исследования ВП в МВС.....</i>	37
<i>Борисенко М. В. Особенности моделирования местной работы на станциях железнодорожной сети региона.....</i>	42
<i>Лубочкин А.В. Оптимизация линейной системы в реальном времени по смешанному критерию качества.....</i>	46
<i>Еськова О.И., Кикоть И.И. Обоснование объемов финансирования инвестиционного проекта на основе вероятностного сетевого графика.....</i>	51
<i>Осипенко Н. Б., Осипенко А. Н., Васенда М.Н. Принципы системного моделирования поставарийных процессов жизнедеятельности социума населенного пункта.....</i>	56
<i>Осипенко Н.Б., Осипенко А.Н. Построение корреляционно-регрессионной модели экспресс-диагноза вегетативной дистонии у подростков.....</i>	60
<i>Карасева Г.Л. Критерий оптимальности для задачи управления с негладким критерием качества.....</i>	68
<i>Карканица А.В. Построение динамической модели предметной области для решения сложно структурированных задач .....</i>	73
<i>Жукевич А.И., Родченко В.Г. Об одном методе построения формальных образов классов при реализации систем распознавания.....</i>	79
<i>Олизарович Е.В., Родченко В.Г. Метод построения систем диагностики компьютерных сетей на основе применения аппарата прикладной статистики .....</i>	84
<i>Левчук В.Д., Чечет П.Л. Использование шаблонов объектно-ориентированного проектирования в программировании имитационной модели технологических процессов производства с иерархической структурой .....</i>	89
<i>Якимов Е. А. Исследование системы теплоснабжения на основе имитационной модели...</i>	94
<i>Якимов А. И., Албкеират Д. М. Имитационное моделирование предприятия общественного питания.....</i>	100
<i>Кузьменков Д. С. Метод оптимального управления нагревом стержня.....</i>	105
<i>Можаровский В.В. О расчете напряженного состояния массивных шин на примере модели цилиндра из армированного материала с учетом элементов вязкоупругости .....</i>	109
<i>ЛЕВЧУК В.Д., ЛЕВЧУК Е.А. Реализация обмена данных между имитационной моделью и корпоративной информационной системой .....</i>	115
<i>Белоконь Л. М. О пересечениях максимальных подгрупп в конечных разрешимых группах.....</i>	119

Сафонов В. Г., Сафонова И. Н. <i>О приводимых <math>n</math>-кратно <math>\omega</math>-насыщенных формациях с разрешимым <math>I_n^\omega</math>-дефектом 2</i> .....	121
Монахов В. С., Трофимук А. А. <i>Конечные группы с ограничениями на порядки некоторых силовских подгрупп</i> .....	127
<b>ПРАВО</b>	
Марчук В. В. <i>Когнитивное уголовно-правовое отношение: определение понятия</i> .....	133
ГРАХОЦКІ А. <i>Прымяненне нормаў царкоўнага права ў рэгуляванні парадку заключэння шлюбу ў Беларусі (другая палова XIX – пачатак XX ст.)</i> .....	139
Скуратов В. Г. <i>Правовое обеспечение использования ипотечных облигаций как инструмента рефинансирования в белорусской системе ипотечного кредитования: состояние и направления совершенствования</i> .....	147
<b>ПЕДАГОГИКА</b>	
Ключников А. В., Коняхин М. В. <i>Динамика двигательной подготовленности у постоянного контингента курсантов Гомельского инженерного института МЧС Республики Беларусь за четырехлетний период обучения</i> .....	157
Куприяничик Т. В. <i>Профессионально-формирующее влияние студенческого самоуправления на коммуникативную компетентность будущего учителя</i> .....	171
<b>ЭКОНОМИКА</b>	
Казанский А. В. <i>Формирование системы управления качеством высшего образования ...</i>	178
Кравец Л. М. <i>Глобализация: сущность, временные границы, экономические последствия..</i>	184
Кадол Н. Ф. <i>Модели социального предпринимательства в рыночной экономике</i> .....	193
<b>ЭКОЛОГИЯ</b>	
Тюлькова Е. Г. <i>Оценка уровня загрязнения воздуха различных промышленных зон г. Гомеля и прилегающих территорий</i> .....	202
Никифоров М.Е., Тюлькова Е.Г. <i>Особенности накопления свинца в органах и тканях сизого голубя</i> .....	209
<b>РЕЦЕНЗИИ</b>	
Лившиц В. <i>Евреи в Полесье</i> .....	217

## Contents

### MATHEMATICS, INFORMATION SCIENCE

<i>On the 75-th Birthday of Prof. I.V. Maksimej</i> .....	3
I.V. Maksimej, O.V. Byichenko, D.O. Byichenko, N.A. Grozditsky, D.N. Ezersky, O.N. Medvedeva. <i>Imitating modeling automation system Universal</i> .....	5
V.S. Smorodin, A.V. Klimenko, V.A. Korotkevich, L.I. Korotkevich. <i>Control of operated technological process imitation with likelihood functioning characteristics</i> .....	9
V.N. Galushko, E.I. Sukach. <i>Method of city transport system functioning imitating modeling</i> ...	16
E.I. Sukach, P.V. Giruts, D.V. Ratobyil'skaia. <i>Modeling and analysis of transport networks taking into account their casual functioning parameters</i> .....	21
E.A. Erofeeva, D.V. Ratobyil'skaia, N.N. Zapolsky. <i>Reserve definition of throughput and processing railway system abilities on imitating modeling basis</i> .....	26
O.M. Demidenko, A.B. Demuskov, S.F. Maslovich. <i>Library of working loading invariant formation of a programme technological complex of computing process (CP) and multiprocessing computing system (MCS) research</i> .....	32
V.D. Levchuk, S.F. Maslovich, V.V. Starchenko. <i>Carrying imitating experiment subsystem structure and framework of a programme technological imitation complex for CP research in MCS</i> .....	37
M.B. Borisenko. <i>Features of local work modeling at regional railway system stations</i> .....	42
A.V. Lubochkin. <i>Linear system optimization in real-time mode by hybrid criterion</i> .....	46
O.I. Eskova, I.I. Kikot. <i>Substantiation of the investment project financing volumes on the likelihood network schedule basis</i> .....	51
N.B. Osipenko, A.N. Osipenko, M.N. Vasenda. <i>System modeling principles of post emergency processes of settlement society's ability to live</i> .....	56
N.B. Osipenko, A.N. Osipenko. <i>Correlation regress model construction of teenagers' vegetative dystonia express diagnosis</i> .....	60
G.L. Karaseva. <i>Optimality criterion for a management problem with rough quality criterion</i> ...	68
A.V. Karkanitsa. <i>Subject domain dynamic model construction for difficult-structured problem solving</i> .....	73
A.I. Zhukevich, V.G. Rodchenko. <i>About a method of formal class image construction at recognition system realization</i> .....	79
E.V. Olizarovich, V.G. Rodchenko. <i>Computer network diagnostic system construction method on the applied statistic device application basis</i> .....	84
V.D. Levchuk, P.L. Chechet. <i>Use of object-oriented designing templates in imitating model programming of technological manufacture processes with hierarchical structure</i> .....	89
E.A. Iakimov. <i>Heat supply system research on the imitating model basis</i> .....	94
A.I. Iakimov, D.M. Albkeirat. <i>Public catering establishment imitating modeling</i> .....	100
D.S. Kuzmenkov. <i>Core heating optimum control method</i> .....	105
V.V. Mozharovsky. <i>About calculation of a massive tire tension on an example of the cylinder from the reinforced material taking into account viscosity elasticity elements</i> .....	109
V.D. Levchuk, E.A. Levchuk. <i>Data exchange realization between imitating model and corporate information system</i> .....	115
L.M. Belokon. <i>On the intersections of maximal subgroups in finite soluble groups</i> .....	119
V.G. Safonov, I.N. Safonova. <i>On reducible <math>n</math>-multiply <math>\omega</math>-saturated formations with a soluble <math>l_n^\omega</math>-defect 2</i> .....	121
V.S. Monakhov, A.A. Trofimuk. <i>Finite groups with restrictions on the order of some Sylow subgroups</i> .....	127

### LAW

V.V. Marchuk. <i>Cognitive criminal-law relation: determination of concept</i> .....	133
A. Grakhotsky. <i>Application of norms of an ecclesiastical law at a marriage (second half of XX – first half of XXI)</i> .....	139

---

V.G. Skuratov. <i>Law maintenance of use of hypothecary bonds as refinancing tool in the Belarus system of hypothecary crediting: a condition and perfection directions</i> .....	147
<b>PEDAGOGICS</b>	
A.V. Kljuchnikov, M.V. Konjakhin. <i>Variation of impellent readiness of cadets of Gomel Engineering Institute of the Ministry of Emergency Measures of Belarus for the four-year period of training</i> .....	157
T.V.Kuprijanchik. <i>Forming influence of student self-management onto communicative competence of the future teacher</i> .....	171
<b>ECONOMICS</b>	
A.V. Kazansky. <i>Forming of the system of higher education quality management</i> .....	178
L.M. Kravets. <i>Globalization: the essence, time limits, economic impact</i> .....	184
N.F. Kadol. <i>Models of social business in market economy</i> .....	193
<b>ECOLOGY</b>	
E.G. Tjulkova. <i>Estimation of level of air pollution of various industrial zones of Gomel and adjoining territories</i> .....	202
M. E . Nikiforov, E.G. Tjulkova. <i>Features of accumulation of lead in bodies and fabrics of a blue rock pigeon</i> .....	209
<b>REVIEWS</b>	
Livshits V. <i>Jews in Polesye</i> .....	217

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Статья представляется в редакцию в двух экземплярах на белорусском, русском или английском языках и является оригиналом для печати. Объем статьи, как правило, не должен превышать 10 страниц, и ее разметка не требуется. Статья должна иметь разрешение соответствующего научного учреждения на опубликование. Статья должна иметь индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК), к ней следует приложить краткое резюме (на русском и английском языках), название статьи, фамилии и инициалы авторов на английском языке. Ее необходимо подписать всем авторам, указать полное название учреждения, где выполнена работа, а также почтовый адрес, номер телефона (служебный и домашний). Плата за опубликование статей не взимается.

Авторы представляют на дискете (либо по электронной почте e-mail: [vesti@gsu.by](mailto:vesti@gsu.by)) tex-файл со статьей, подготовленной в LaTeX'e с опцией 12pt в стандартном стиле article (`\textwidth 165 mm`, `\textheight 245 mm`). Аналогичны требования для статей, набранных в редакторе MS Word. При наборе формул в редакторе MS Word необходимо использовать Microsoft Equation. Для набора формул не должны использоваться пакеты сторонних разработчиков (MathType и др.). Занумерованные формулы выключаются в отдельную строку, номер формулы ставится у правого края страницы. Нумеровать следует лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

Статьи, претендующие на научный приоритет, оформляются в виде кратких сообщений объемом до 2 страниц текста и, как правило, публикуются в ближайших номерах журнала.

Ссылки в тексте обозначаются порядковым номером в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Поступившие в редакцию статьи направляются на рецензию специалистам. Основным критерием целесообразности публикации является новизна и информативность статьи. Авторы не должны направлять статьи, которые уже опубликованы, либо приняты к печати в других изданиях. Если по рекомендации рецензента статья возвращается автору на доработку, то переработанная рукопись вновь рассматривается редколлегией, и датой поступления считается день получения редакцией окончательного ее варианта. Лицам, осуществляющим послевузовское обучение, предоставляется право первоочередного опубликования статей.

---

Технический редактор *И. В. Близнец*. Корректор *Е. Л. Хазанова*

Подписано в печать 22.10.10 г. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная.  
Печать офсетная. Усл.п.л. 26,04 Уч.-изд.л. 22,7 Тираж 100 экз. Заказ № 560

Цена свободная

Издатель – УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»  
246019, Гомель, ул. Советская, 104  
Лицензия № 02330/0549481 от 18 мая 2009.

Отпечатано на полиграфической технике УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»  
Лицензия № 02330/0150450 от 3 февраля 2009