

## ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗЬЮ

Г. П. ПУХА<sup>1</sup>, Р. В. ДРАЧЁВ<sup>1</sup>, Н. А. ПОПЦОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Военный учебно-научный центр ВМФ  
„Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова“,  
197045, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: pgp2003@list.ru

<sup>2</sup>Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Представлены результаты инфологического анализа информационного обеспечения, необходимого для интеллектуальной поддержки принятия решений, связанных с управлением системами беспроводной связи. Полученные результаты могут быть использованы при разработке структуры базы данных и практической реализации программного обеспечения информационных систем указанного класса.

**Ключевые слова:** системы беспроводной связи, интеллектуальная поддержка принятия решений, информационное обеспечение, инфологическая модель, локальные представления, сущности и их атрибуты

Современное развитие ИТ обеспечило широкие возможности для создания и успешного использования средств обработки данных различного назначения [1—4], поэтому одним из актуальных направлений развития современных информационных технологий становится разработка так называемых систем интеллектуальной поддержки принятия решения (СИППР) для органов управления различного назначения [5—14]. Информационные системы данного класса максимально приспособлены к решению повседневных управленческих задач, они предназначены для помощи лицам, принимающим решения [5—10].

Построение СИППР, как правило, является результатом мультидисциплинарного исследования, включающего теории баз данных, искусственного интеллекта, интерактивных компьютерных систем, методов имитационного моделирования для решения неструктурированных и слабоструктурированных задач, в том числе и многокритериальных.

Главным условием успешного формирования СИППР является наличие в их основе моделей и соответствующих им методик, обеспечивающих анализ эффективности функционирования и синтез рациональной структуры управляемого объекта [15, 16].

Однако практическое применение подобных систем осложняется значительной размерностью решаемых задач, тем, что наборы исходных данных раздельно решаемых задач могут повторяться, часть исходных данных для решения одного уровня задач является решением задач предшествующего уровня. Таким образом, можно сделать заключение о том, что объем обрабатываемых СИППР данных огромен.

Очевидно, что для ввода и вывода такого количества данных требуется значительное время, что несовместимо с требованиями по своевременности принятия решения. Поэтому на практике пользователи, как правило, теряют интерес к программным продуктам, у которых отсутствует (или недостаточно развито) информационное обеспечение (ИО), реализующее, как минимум [17]:

- удобный и оперативный ввод исходных данных;
- автоматическую передачу данных с одного уровня задач на другой;

— структуризацию данных и организацию их хранения в формате одного из стандартов СУБД.

В связи с этим при разработке программного обеспечения для системы такого класса, как правило, возникает необходимость решения *частной научно-практической задачи*, связанной с обоснованием структуры ее информационного обеспечения.

Как известно, база данных (БД) — это динамическая целевая модель некоторого сегмента предметной области, описывающая множество фактов, существенных в рамках функционирования проектируемой информационной системы [18]. При создании такой модели и дальнейшей разработки БД широко используется инфологический подход, в основу которого положены такие принципы проектирования сложных объектов и элементы структурного анализа, как декомпозиция и многоэтапность [19, 20].

Принцип *декомпозиции* позволяет рассматривать сложный объект как множество взаимосвязанных компонентов (локальных представлений об объекте), каждый из которых проектируется автономно с последующим объединением результатов проектирования [21].

Принцип *многоэтапности* предполагает разделение проекта на ряд стадий (этапов), выполняемых последовательно. На каждом этапе решаются относительно несложные задачи, различающиеся степенью детализации рассмотрения свойств проектируемого объекта.

Таким образом, сущность *инфологического* подхода заключается в последовательном установлении соответствия между фактическим состоянием предметной области, его восприятием пользователями и представлением в БД.

В то же время если в результате анализа предметной области формируется информационная модель с достаточно сложной объектной структурой, предметную область целесообразно предварительно разбить на ряд так называемых *локальных представлений*.

Как правило, одно локальное представление соответствует одному внешнему приложению (одной функциональной задаче обработки информации или одной группе пользователей). Формальным основанием для декомпозиции предметной области может являться большое число составляющих ее информационных объектов: рекомендуется использовать не более десяти объектов в одном локальном представлении.

Для каждого локального представления автономно разрабатываются информационные модели, которые затем объединяются в информационную модель предметной области.

Так, например, при управлении системами беспроводной связи для оценки эффективности их функционирования требуется решить целый комплекс специальных расчетных задач, составляющих основу СИППР для пунктов управления такими системами. Практическая реализация подобной СИППР связана с использованием исходных данных следующего характера [16]:

— структурные характеристики системы и временные характеристики работы пунктов управления и постов связи;

— информационные характеристики источников сообщений и требования к ним по своевременности;

— данные о маршрутах прохождения сообщений и признаки способов передачи;

— организационные характеристики способов передачи сообщений в каналах связи, временные параметры работы каналов и характеристики их пропускной способности;

— характеристики связности радиостанций и помехоустойчивости используемых радиолиний.

Из анализа информационного содержания и логических связей этого множества данных следует, что в составе информационного обеспечения СИППР ПУ-С могут быть выделены следующие группы данных, относящихся к множеству однотипных объектов и претендующих на их описание в виде *локальных представлений* (рис. 1; 1:N — тип связи „один ко многим“):

— общие условия решения задачи объектом управления (ОУ);

— структура ОУ и координаты элементов (узлов связи, УС);

- схема связи между УС (каналы связи и корреспонденты);
- условия учета и анализа воздействия источника прицельных помех (ПП), используемого злоумышленниками для нарушения связи;
- сообщения и их характеристики (сигналы управления).



Рис. 1

В качестве идентифицирующего атрибута конкретных экземпляров данных *локальных представлений* следует принять *вариант действий сил ОУ*, которому соответствуют (к нему „привязаны“) все наборы сведений об анализируемом ИО (рис. 2). Анализ содержания данных показывает также, что перечисленные представления могут быть однозначно определены непересекающимися наборами двух групп своих сущностей и их атрибутов.

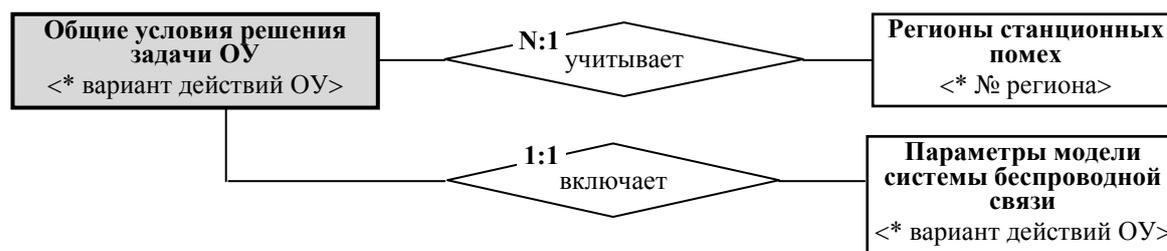


Рис. 2

Группа № 1 — данные, характеризующие самые *общие условия*, в которых приходится функционировать системе беспроводной связи, СБС (рис. 2). Сюда следует отнести сведения о варианте действий ОУ, географическом регионе этих действий (разный уровень станционных и атмосферных помех), сезоне года и времени суток, периоде солнечной активности.

Для имитационных моделей следует определять и временные характеристики моделируемого процесса, выделив их в отдельную сущность со связью по этому ключу вида 1:1.

Данные, относящиеся к уровням станционных помех, носят экспериментальный характер, поэтому их целесообразно выделить в отдельную сущность и реализовать в виде справочной таблицы „Регионы станционных помех“. Поскольку районы боевых действий, как правило, находятся в пределах размеров нарезанных регионов станционных помех, то между этими сущностями имеется связь вида „многие к одному“ (N:1).

Группа № 2 — данные, характеризующие для каждого варианта действий ОУ конкретное расположение узлов связи, тактико-технические характеристики (ТТХ) их средств связи и расписания связи для ОУ (рис. 3).

Причем и в этом случае сведения об оснащении узлов средствами связи, составе комплексов связи ОУ и ТТХ их средств связи, программах связи могут быть отнесены к долгосрочным (справочным) и выделены в самостоятельные сущности.

В этом локальном представлении в качестве идентифицирующего атрибута для „Структура ОУ“ следует использовать *номер УС*, для „вооружение ОУ средствами связи“ — его проект, для „состав комплекса и ТТХ средств связи“ — конкретное техническое средство, а для „программы связи“ — ее номер.

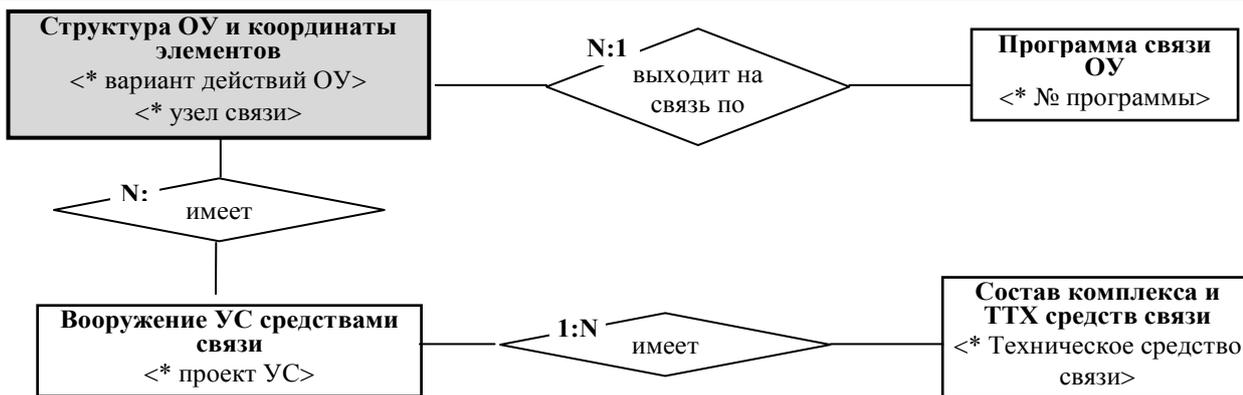


Рис. 3

Группа № 3 — данные, характеризующие набор радиосетей и радионаправлений (каналов передачи вторичных сетей связи), их состав и режимы работы, радиоданные, а также оперативно-технические характеристики используемых радиолиний. Как известно, сведения такого плана сводятся в такие руководящие документы, как „схема связи“ и „регламент связи“, а их радиоданные — в соответствующие справочные таблицы радиочастот (приложения к регламенту). Основной идентифицирующий атрибут — канал передачи вторичной сети, набор которых и выбирается из стандартизированного перечня — регламента.

Кроме этого, в регламенте обычно приводятся сведения о радиосетях и радионаправлениях оперативного характера, а необходимые для решения расчетных задач в СИППР технические характеристики применяемых радиолиний, как правило, имеются лишь в соответствующих описаниях. Поэтому возникает необходимость введения в ИО ПУ-С дополнительной группы данных (сущности), ликвидирующей пробел в сведениях о каналах связи и имеющей связь с сущностью „регламент“ вида „один к одному“ (1:1).

Особенностью данного локального представления является то, что при формировании такого ее элемента, как „схема связи“, кроме набора радиосетей и радионаправлений (каналов связи) необходимо указывать и набор конкретных УС, являющихся их корреспондентами. Поэтому требуется наличие „горизонтальной“ инфологической связи вида N:1 между этим элементом и сущностью „Структура ОУ“ по ключу „номер УС“.

С учетом такого же вида связи с сущностью „Общие условия“ все атрибуты элемента „схема связи“ определяются первичными ключами связанных с ним сущностей и, следовательно, он в структуре этой инфологической модели носит характер дополнительного ассоциативного объекта, с помощью которого реализуется связь вида „многие ко многим“ (M:N). Таким образом, локальное представление „Организация связи“, по аналогии с документами по связи, может быть представлено тремя сущностями: регламент связи, ТХ (технические характеристики) каналов связи, таблица радиочастот и одним ассоциативным объектом „схема связи“, ее частная диаграмма приведена на рис. 4.

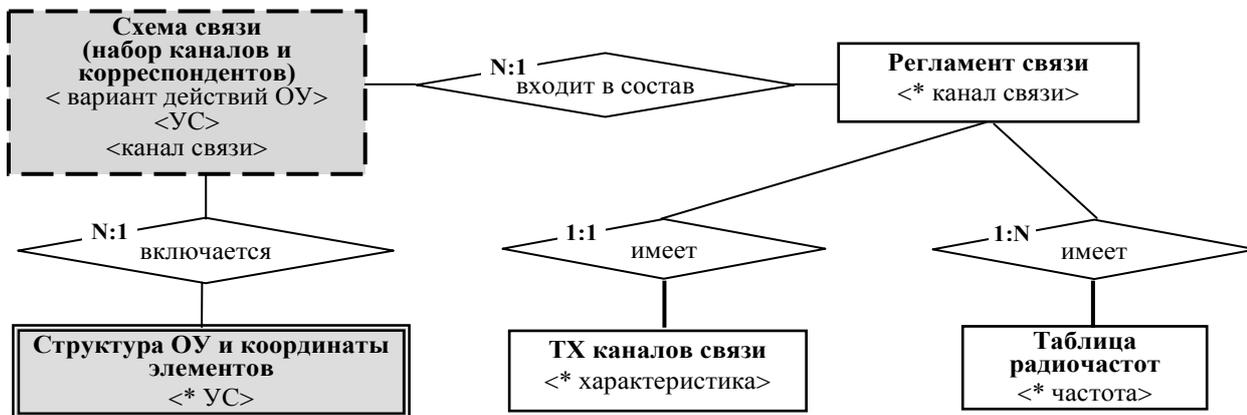


Рис. 4

Группа № 4 описывает информационные характеристики сообщений, поступающих от пунктов управления, их зависимости и содержит маршрутно-адресные сведения о прохождении данных по сети связи.

В связи с этим сущности этой группы могут быть названы, например, так: характеристики сообщений, маршрутно-адресная таблица и зависимость сообщений. В качестве идентифицирующего атрибута для этого локального представления следует определить „*типы сообщений*“, которые могут зависеть друг от друга и иметь в общем случае различные *маршруты* передачи, определяемые цепочками узлов и линий связи СБС. Такой набор сведений носит скорее оперативный характер и, следовательно, должен готовиться для каждого варианта действий ОУ отдельно.

При этом если сущности „*Характеристики сообщений*“ и „*маршрутно-адресная таблица*“ однозначно определяются конечным набором своих атрибутов, то „*зависимость сообщений*“ предполагает наличие „*обратной*“ связи вида N:1 со своими атрибутами и такой же связи с сущностью „*регламент*“ по ключу „*канал связи*“, чтобы однозначно установить набор радиолиний для передачи заданных сообщений.

В этом случае несколько экземпляров одной сущности должны быть связаны с несколькими экземплярами этой же сущности, поэтому элемент „*зависимость сообщений*“ локального представления „*сообщения и их характеристики*“ выступает в роли ассоциативного объекта в модели ИО СИППР (рис. 5).

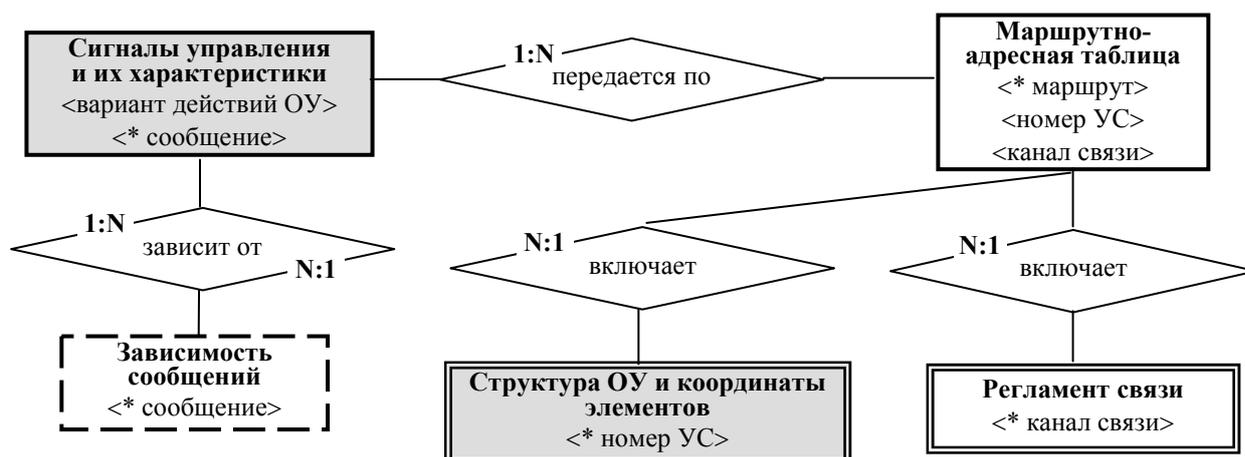


Рис. 5

Группа № 5, определяющая содержание локального представления „*Условия учета и анализа радиопомех (РП)*“, связана с оценкой помехоустойчивости радиолиний СБС в условиях воздействия источника прицельных помех, и также для каждого варианта БД сил в этом наборе сведений надо задать: источники ПП (центры ПП), ТТХ комплексов и средств ПП. Такие сведения об источниках ПП и о характеристиках их технических средств носят явно долговременный (справочный) характер, поэтому их целесообразно выделить в отдельные сущности со связью между собой вида N:1 по ключевому атрибуту „*диапазон*“ (в одном диапазоне — несколько источников).

Условия анализа процесса радиоподавления будут заданы исследуемым диапазоном частот, параметрами временного интервала исследования и числом радиолиний СБС в каждом диапазоне. Однако каждый набор этих данных может быть определен лишь первичными ключами связанных с ним сущностей „*Размещение ОУ*“ и приведенными выше. Следовательно, этот элемент локального представления в структуре инфологической модели ИО должен быть сформирован в виде дополнительного ассоциативного объекта, реализующего связь вида „*многие ко многим*“ (рис. 6).

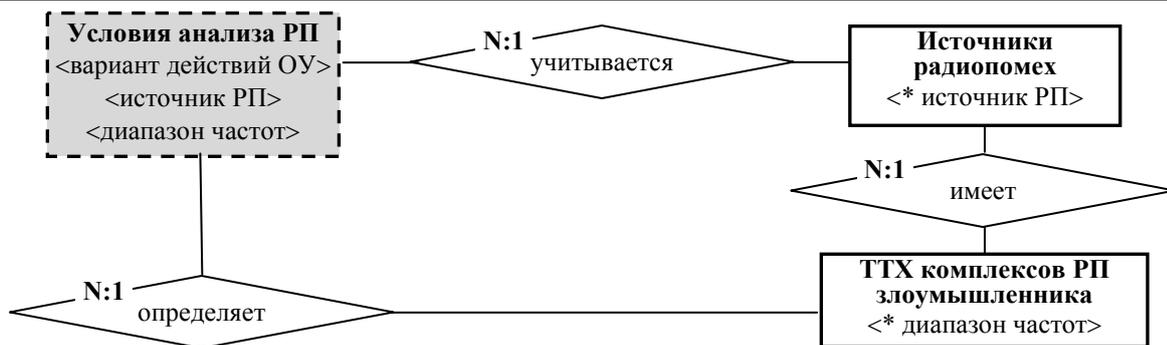


Рис. 6

Таким образом, в результате проведенных исследований получена *информационно-логическая модель* набора данных, обеспечивающая решение научно-практической задачи обоснования структуры информационного обеспечения для системы интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении беспроводной связью.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коршунов И. Л. Состояние и концепция развития информационных технологий в сфере сервиса // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 9. С. 7—10.
2. Колбанёв М. О., Микадзе С. Ю., Татарникова Т. М. Модель информационного взаимодействия для предприятий сервиса // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 9. С. 10—14.
3. Головкин Ю. Б., Ярцев Р. А., Газетдинова С. Г. Моделирование процессов инструментальной подготовки сервисного обслуживания на основе экспертных оценок // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 9. С. 27—32.
4. Головкин Ю. Б., Гусаренко А. С. Применение нечетких гиперграфов в моделях генерации web-компонентов // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 9. С. 47—53.
5. Богатырев В. А., Богатырев А. В., Богатырев С. В. Оценка надежности выполнения кластерами запросов реального времени // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 4. С. 46—48.
6. Богатырев В. А. Оценка надежности и оптимальное резервирование кластерных компьютерных систем // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. № 10. С. 18—21.
7. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Оптимизация кластера с ограниченной доступностью кластерных групп // Науч.-техн. вестн. информационных технологий, механики и оптики. 2011. № 1(71). С. 63—67.
8. Bogatyrev V. A. An interval signal method of dynamic interrupt handling with load balancing // Automatic Control and Computer Sciences. 2000. Vol. 34, N 6. P. 51—57.
9. Колбанёв М. О., Татарникова Т. М., Воробьёв А. И. Модель балансировки нагрузки в вычислительном кластере центра обработки данных // Информационно-управляющие системы. 2012. № 3. С. 37—41.
10. Колбанев М. О., Татарникова Т. М., Малков К. О. Подход к организации адаптивного согласующего центра корпоративной сети // Информационно-управляющие системы. 2008. № 3. С. 28—31.
11. Емельянов А. А., Коршунов И. Л. Опыт реализации политики информационной безопасности на предприятии малого бизнеса в целях обеспечения информационно-экономической безопасности // Матер. конф. „Информационная безопасность регионов России“ (ИБРР-2015). 2015. С. 213—214.
12. Верзун Н. А., Воробьёв А. И., Пойманова Е. Д. Моделирование процесса передачи информации с разграничением прав доступа пользователей // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 9. С. 33—37.
13. Левкин И. М., Галкова Е. А. Математическое описание динамической среды угроз информационной безопасности // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2014. Т. 5, № 1. С. 46—53.
14. Ефимов В. В., Лыжсинкин К. В., Пуха Г. П. Интеллектуальная поддержка принятия решений — инновационное направление в области развития информационно-управляющих систем специального назначения // ИТС. М.: ОАО „Концерн Системпром“, 2013. № 1(3). С. 124—136.

15. Пуха Г. П., Попов П. В., Драчёв Р. В., Попцова Н. А. Построение системы интеллектуальной поддержки принятия решений по организации услуг мобильной связи // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 9. С. 70—75.
16. Левкин И. М. Модель обработки документальных источников информации деловой разведки // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 9. С. 23—26.
17. Пуха Г. П., Попов П. В., Чемиринко В. П., Жидков А. М. Интеллектуальная поддержка принятия решений в интересах управления связью ВМФ. СПб: ВУНЦ ВМФ „ВМА“, 2015. 280 с.
18. Бураков П. В., Петров В. Ю. Введение в системы баз данных: Учеб. пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. 29 с.
19. Bogatyrev V. A., Bogatyrev A. V. Functional reliability of a real-time redundant computational process in cluster architecture systems // Automatic Control and Computer Sciences. 2015. Vol. 49, N 1. P. 46—56.
20. Bogatyrev V. A. On interconnection control in redundancy of local network buses with limited availability // Engineering Simulation. 1999. Vol. 16, N 4. P. 463—469.
21. Емельянов А. А. Организация сервиса коллективной разработки сложных комплексов программ. СПб: СПбГУСЭ, 2010.

**Сведения об авторах****Геннадий Пантелеевич Пуха**— д-р воен. наук, профессор; ВУНЦ ВМФ „Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова“, кафедра боевого применения (средств связи и АСУ ВМФ);  
E-mail: pgp2003@list.ru**Роман Викторович Драчёв**— ВУНЦ ВМФ „Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова“, кафедра боевого применения (средств связи и АСУ ВМФ); старший преподаватель;  
E-mail: pgp2003@list.ru**Наталья Александровна Попцова**— студентка; Университет ИТМО; кафедра вычислительной техники;  
E-mail: porcovanatalia@yandex.ruРекомендована кафедрой  
информационных систем и технологий  
СПбГЭУПоступила в редакцию  
29.06.16 г.

**Ссылка для цитирования:** Пуха Г. П., Драчёв Р. В., Попцова Н. А. Информационно-логическая модель базы данных для системы интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении беспроводной связью // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 2. С. 117—124.

**INFORMATION-LOGICAL MODEL OF DATABASE SYSTEM OF INTELLECTUAL SUPPORT  
OF DECISION-MAKING IN WIRELESS COMMUNICATION MANAGING**

**G. P. Pukha<sup>1</sup>, R. V. Drachev<sup>1</sup>, N. A. Poptsova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Military Educational and Scientific Center of the Navy  
“Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N. G. Kuznetsov”,  
197045, St. Petersburg, Russia  
E-mail: pgp2003@list.ru*

<sup>2</sup>*ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia*

Results of analysis of info-logical information software for intellectual support of decision-making in wireless communication systems management are presented. The results can be used as a basis for development of the database structure and implementation of software of information systems of the type under consideration.

**Keywords:** wireless communication systems, intellectual support of decision-making, information software, info-logical model, local representation, entities and their attributes

**Data on authors****Gennady P. Pukha**

— Dr. Sci., Professor; Military Educational and Scientific Center of the Navy “Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N. G. Kuznetsov”, Department of Military use of Communications and Automatic Control Systems of the Navy; E-mail: pgp2003@list.ru

- Roman V. Drachev** — Military Educational and Scientific Center of the Navy “Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N. G. Kuznetsov”, Department of Military use of Communications and Automatic Control Systems of the Navy; Senior Lecturer; E-mail: [pgp2003@list.ru](mailto:pgp2003@list.ru)
- Natalia A. Poptsova** — Student; ITMO University, Department of Computation Technologies; E-mail: [popcovanatalia@yandex.ru](mailto:popcovanatalia@yandex.ru)

**For citation:** *Pukha G. P., Drachev R. V., Poptsova N. A.* Information-logical model of database system of intellectual support of decision-making in wireless communication managing // Journal of Instrument Engineering. 2017. Vol. 60, N 2. P. 117—124 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-2-117-124