

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**Запорожцев А.В.***ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: zaporozhcev10@mail.ru*

Разработана методика моделирования объектных моделей сложных технических систем. Методика основана на классификации технических систем. Рассмотрены существующие системы классификации по виду, по составу технических систем. Сделан вывод о том, что существующих систем классификации недостаточно для построения методики моделирования сложных технических систем. Предложена классификация технических систем по структуре ее элементов, включающая три типа структур: парковая, сетевая и линейная. Рассмотрена методика построения объектной модели технических систем, имеющих сетевую и линейную структуру. Методика построения объектных моделей позволяет учитывать особенности инфраструктуры функционирования технической системы, взаимосвязь комплексов технических систем, а также структуру того оборудования, которое используется в комплексах технических систем.

Ключевые слова: техническая система, классификация технических систем, структура технической системы

MODELING TECHNICAL SYSTEMS**Zaporozhtsev A.V.***Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: zaporozhcev10@mail.ru*

Developed a technique for modeling object models of complex technical systems. The technique is based on the classification of technical systems. The existing system of classification by type composition of the technical systems. Concluded that the existing classification systems is not enough to build a method of modeling of complex technical systems. The classification of technical systems on the structure of its elements, including three types of structures: park, network and the linear structure. The method of construction of the object model of technical systems with network and linear structure. The method of constructing object models allows to take into account the technical characteristics of functioning infrastructure system, the relationship of complexes of systems, as well as the structure of the equipment that is used in the complexes of technical systems.

Keywords: technical system, classification of technical systems, the structure of technical systems

В задачах проектирования систем автоматизации управления организационно-техническими системами (ОТС) важное место занимает задача моделирования технической части таких систем. Разнообразие видов технической составляющей ОТС, сложность ее структуры требует разработки общих подходов к моделированию технических систем.

Формулировка термина техническая система (ТС) зависит от поставленной задачи [2, 5]. Базовым элементом систем автоматизации управления ОТС является информационная среда, в которой содержатся сведения о структуре технической системы. Поэтому при моделировании технических систем для решения задач автоматизации ОТС можно ограничиться следующим определением: «Техническая система это взаимосвязанная совокупность технических объектов, предназначенная для выполнения определенных функций». Здесь технический объект это любое изделие (элемент, устройство, подсистема, функциональная единица или система), которое можно рассматривать в отдельности [1].

Классификация технических систем

Разработку моделей технических систем целесообразно подчинить набору

правил, что позволит упорядочить процесс создания модели и повысить качество моделирования. Важнейшим из таких правил является использование классификация технических систем как основы построения модели технической системы. Наличие классификации технических систем позволяет идентифицировать вид структуры сложной технической системы, что позволяет провести декомпозицию системы в соответствии с типовой структурой.

Классификация с точки зрения состава технических систем

Рассмотрим существующие системы классификации технических систем. Все технические объекты, которые производятся на предприятиях, имеют классификационные признаки в соответствии с Единой системой классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации (ЕСКК) [4]. Основной целью классификации в системе ЕСКК является упорядочение информации об объектах, что обеспечивает совместное использование этой информации различными субъектами. Из классификаторов, представленных в ЕСКК, для задачи моделирования технических систем наибольшее значение имеет

общероссийский классификатор продукции (ОКП) [3], который содержит перечень кодов и наименований иерархически классифицированных групп видов продукции.

Для задачи моделирования структуры технической системы наибольший интерес представляет классификация по уровню сложности технической системы [5]. Выделены следующие уровни сложности:

I. Конструктивный элемент, деталь машины.

II. Узел, механизм.

III. Машина, прибор, аппарат.

IV. Установка, предприятие, промышленный комплекс.

При разработке классификации технических систем необходимо учитывать принципы разделения изделий на части, которые приняты в Единой системе конструкторской документации. ГОСТ 2.101-68 «Виды изделий» определяет изделие как предмет или набор предметов, изготавливаемых на предприятии, и делит изделия на следующие виды:

- Детали – изделия, не имеющие составных частей.

- Сборочные единицы — изделия, состоящие из нескольких частей.

- Комплексы — два или более изделия предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

Сравнивая классификации по уровню сложности и по видам изделий, можно сделать следующие выводы:

- Обе классификации выделяют в качестве простейшего объекта деталь.

- Понятие сборочная единица соответствует как понятию узел, так и понятию машина (прибор, аппарат).

- Понятия промышленный комплекс (установка) и комплекс как вид изделия отражают одинаковое свойство – объединение частей в единое целое.

Объединяя классификацию по уровню сложности, видам изделий и по видам продукции, введем следующие элементы классификации по составу технической системы:

- Техническая система это совокупность технических объектов, выполняющих определенную функцию, соответствующую цели ее создания.

- Оборудование – изделие, представляющее собой продукцию.

- Узел – часть изделия, собираемая по сборочному чертежу.

- Деталь – часть оборудования или узла, выполненная из однородного материала, изготавливаемая по детальному чертежу.

- Комплекс оборудования – два и более оборудования, предназначенных для выполнения общих функций.

Узел и деталь являются элементами оборудования, а комплекс – это объединение оборудований. Объединение оборудований в комплексы может разделяться по уровням объединения – комплекс верхнего, среднего и нижнего уровня.



Рис. 1. Иерархическая структура технической системы

Классификация с точки зрения структурных представлений

Техническая система как составная часть организационно-технической системы может быть отнесена к одному из следующих структурных представлений:

- Списочная (парковая) структура однородных объектов, между которыми отсутствует взаимодействие. Каждый объект выполняет свою функцию.

- Сетевая структура технической системы – совокупность технических объектов, между которыми есть взаимодействие. Для такого типа структуры необходимо описание не только самих технических объектов, но и описание элементов инженерной сети, через которую происходит взаимодействие технических объектов;

- Структура линейной технической системы.

Примерами парковой структуры являются автопарк или парк оборудования предприятия. Примером сетевой структуры является система теплоснабжения города, включающая центральную тепловую станцию (ЦТС), совокупность тепловых пунктов (ТП) и тепловые сети для передачи теплоносителя от ЦТС к ТП и от них к жилым домам.

Примером структуры линейной технической системы является железнодорожный путь, который формируется рядом локальных и линейных инженерных сооружений – верхним строением пути, состоящим из рельсов, шпал, креплений и балласта, и искусственными сооружениями.

Сетевая структура технической системы отличается от парковой структуры наличием сетевой компоненты, обеспечивающей взаимосвязь элементов. Это позволяет рассматривать парковую структуру является частным случаем сетевой структуры.

Моделирование структуры технических систем

Задачей моделирования структуры технической системы является отображение структурных свойств технической системы, описание отдельных ее подсистем и элементов. В зависимости от целей проекта автоматизации одна и та же техническая система будет представлена разными моделями. Отличие моделей технической системы будет заключаться в полноте и детальности описания структурных свойств технической системы. Полнота описания ТС определяется той частью комплекса технических объектов, которая будет учтена в модели ТС. Детальность описания ТС определяется тем уровнем иерархии, вплоть до которого будут учтены элементы ТС.

Объектная модель технической системы

Базовой моделью технической системы является ее объектная модель. Объектная модель ТС технической системы отображает ее структуру и должна отвечать на вопрос: «Из каких частей состоит каждый элемент технической системы?». Использование принципа деления целого на части определяет иерархический характер объектной модели технической системы.

Рассмотрим проблемы построения объектной модели для сетевой и линейной технической системы.

Объектная модель сетевой технической системы

Построение объектной модели основано на анализе следующей технической документации:

- Схема расположения комплексов технической системы и экспликации к ней.

- Эксплуатационная документация на каждый вид оборудования, используемый в технической системе.

- Техническая документация на сетевой комплекс.

Схема расположения позволяет определить положение элементов технической системы по отношению к элементам инфраструктуры функционирования технической системы. Для технической системы, расположенной в черте города, положение объектов указывают по отношению к улицам и домам. Для технической системы, расположенной на промышленном предприятии, положение объектов указывают по отношению к номеру цеха и номеру ячейки в данном цехе, которые образованы опорными колоннами. Могут быть использованы и другие способы указания положения объектов по отношению к элементам инфраструктуры функционирования ТС. На схеме расположения указываются комплексы технической системы, элементы сети, обеспечивающие взаимодействие комплексов и элементы инфраструктуры функционирования технической системы. Пример схемы расположения дан на рис. 2. На схеме представлена техническая система, состоящая из 4-х комплексов технических средств (КТС 1, 2, 3, 4), и физическая сеть, объединяющая КТС в единую систему. Сетка {А, В, С, D; 1, 2, 3, 4} служит для позиционирования элементов технической системы в системе функционирования технической системы.

На основе анализа модели уровня технической системы необходимо выделить:

- Виды комплексов технической системы.
- Виды элементов инженерных сетей.

Виды комплексов технических систем определяются по критерию одинаковой вну-

тренней структуры. Для каждого вида комплекса технической системы необходимо построить свою модель, в которой отобра-

жаются комплексы технической системы нижнего уровня и те виды оборудования, которые используются в данном комплексе.

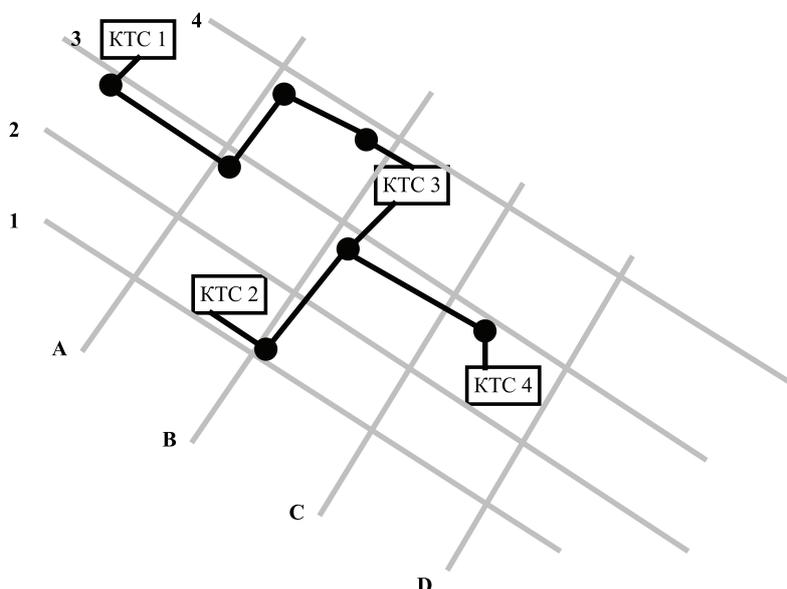


Рис. 2. Схема расположения комплексов технической системы

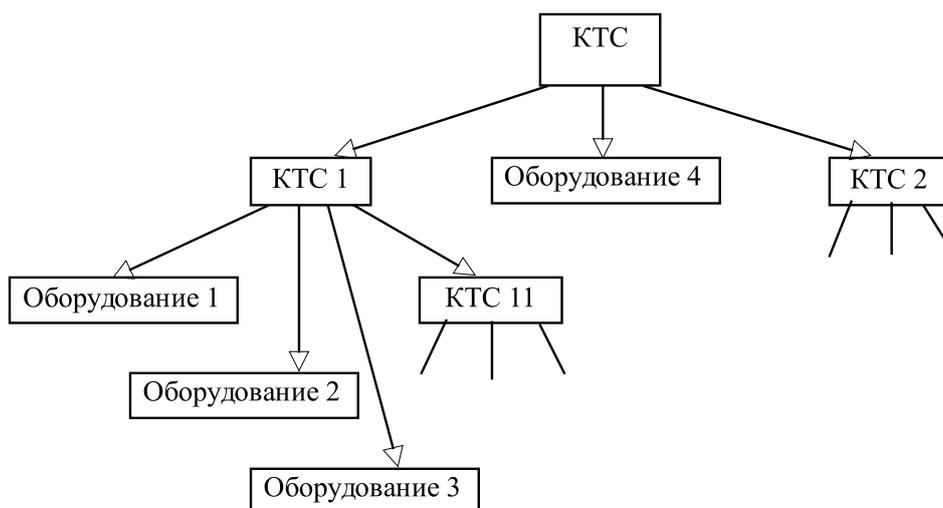


Рис. 3. Объектная модель комплекса технической системы

Так как каждый вид оборудования имеет свою внутреннюю структуру, то для каждого вида оборудования необходимо построить свою модель, в которой это оборудование разделено на узлы и детали.

Завершающим этапом разработки модели сетевой технической системы является разработка модели инженерных сетей. На этапе анализа схемы расположения технической системы и экспликации к ней необходимо выделить виды технических объектов, которые использованы для построения

инженерной сети ТС. Рассмотрим модель инженерной сети на примере трубопроводной сети, основные элементы которой представлены на схеме.

Отличительной особенностью трубопроводной сети, является то, что часть ее элементов (трубы, соединительные элементы) изготавливаются по монтажной схеме, а часть (арматура) является определенным видом оборудования. Однако в большинстве случаев, разрабатывать модель внутренняя структура арматуры не требуется.

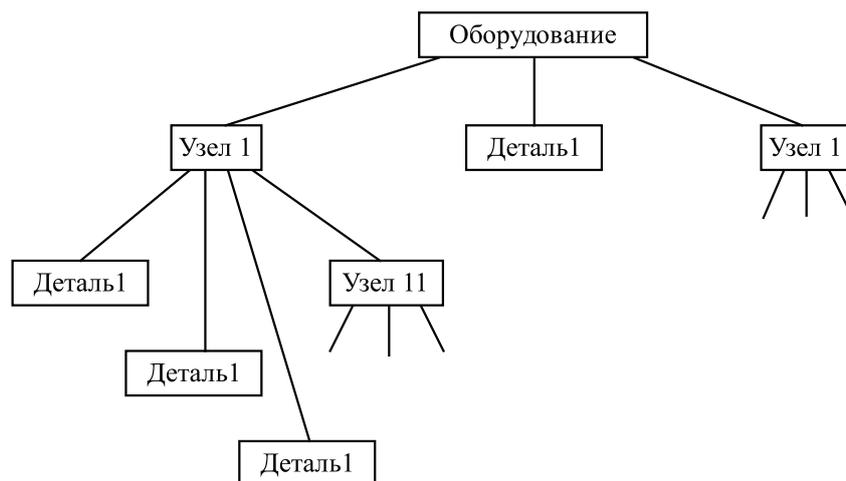


Рис. 4. Объектная модель оборудования

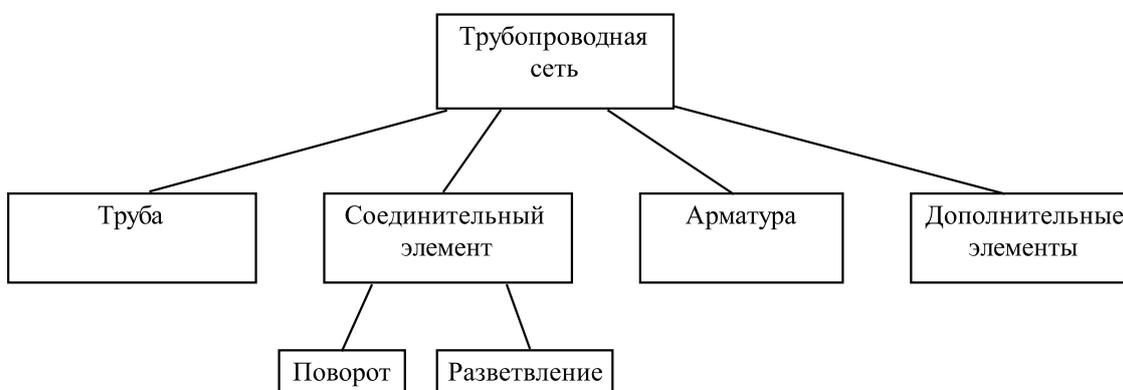


Рис. 5. Объектная модель сетевой структуры технической системы

Объектная модель линейной технической системы

Особенностью линейной технической системы является использование технических объектов для формирования инфраструктуры. Рассмотрим проблемы создания объектной модели распределенной технической системы на примере железнодорожного пути.

Железнодорожный путь – сложный комплекс линейных и сосредоточенных инженерных сооружений и обустройств, расположенных в полосе отвода. Основным элементом железнодорожного пути является рельсовая колея, которая образована из рельсов, шпал, креплений и других элементов, которые вместе составляют верхнее строение пути. Верхнее строение пути укладывают на земляное полотно. В местах пересечения железнодорожного пути с реками, оврагами и другими препятствиями верхнее строение пути укладывается на искусственные сооружения. К важным устройствам железнодорожного пути относят стрелочные переводы, так как вся

сложная структура железнодорожных путей основана на их разделении (соединении), которое происходит в стрелочном переводе.

Технической системой является совокупность железнодорожных путей, представляющих единое целое – инфраструктурную часть железной дороги как целостную часть организационно-технической системы. В действительности в инфраструктурную часть железной дороги кроме железнодорожного пути входят и устройства электроэнергетики, сигнализации и связи. Однако структурообразующим элементом инфраструктуры железной дороги является железнодорожный путь.

С геометрической точки зрения железнодорожный путь представляет собой сеть, состоящую из узлов и дуг. Дугами являются участки железнодорожного пути между двумя узлами. Узлами являются объекты, соединяющие несколько участков железнодорожного пути.

Схема расположения железнодорожных путей представляет собой совокупность узлов и дуг, каждый из которых имеет уникальное имя.

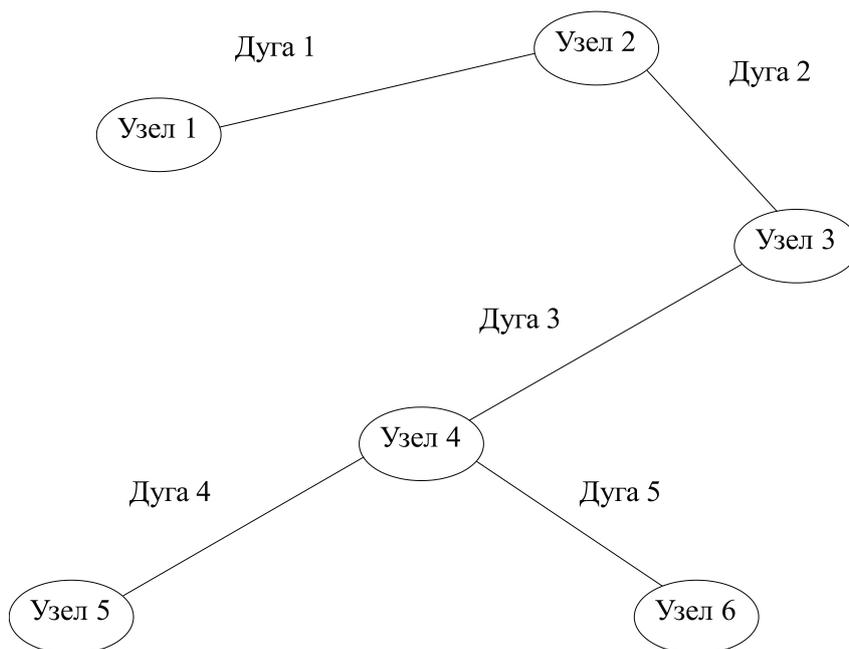


Рис. 6. Схема расположения объектов линейной технической системы

Для представления элементов линейной технической системы необходимо представить иерархическую структуру объектов, которая в совокупности образует эту систе-

му. Если ограничиваться только основными элементами, то модель инфраструктурной части железной дороги может быть представлена на следующей схеме (рис. 7).

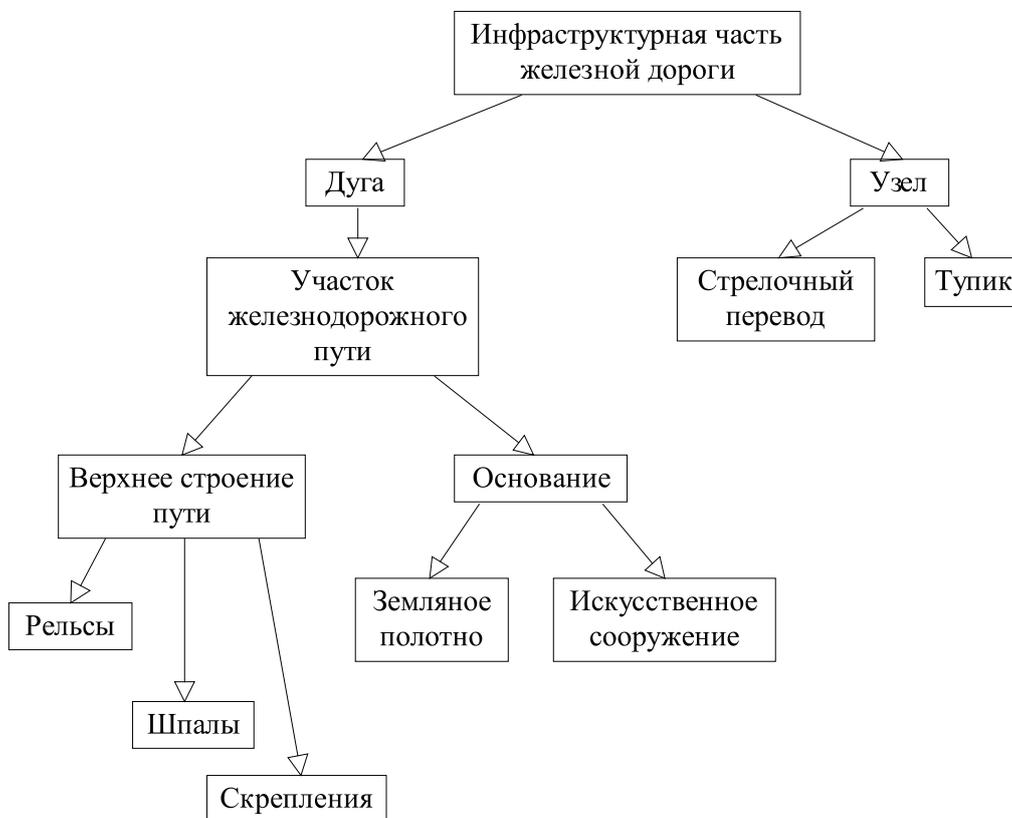


Рис. 7. Модель объектов железной дороги

Рельсы, шпалы, крепления являются изделиями (детальями), которые собираются на специализированных предприятиях в технологические комплексы, которые затем укладываются в железнодорожный путь. Такими комплексами могут быть: рельсошпальная решетка, в которой с помощью креплений соединены два рельса и необходимое число шпал; рельсовая плеть – сваренные воедино несколько рельсов. Элементы стрелочных переводов также изготавливаются на предприятиях как детали и собираются в единый технический объект в месте установки. Искусственные сооружения представляют собой сложные инженерные сооружения, которые строятся по специальным проектам. Модель искусственного сооружения разрабатывается по тем же правилам, что и модель оборудования.

Заключение

Технические системы часто имеют сложную структуру, что требует структурного подхода к их моделированию. Моделирование технических систем должно основываться на типизации технических систем и на анализе структурных свойств как технической системы в целом, так и ее отдельных элементов. Центральным элементом модели технической системы является оборудование как изделие, которое производится на предприятии.

Список литературы

1. ГОСТ 27.001-95 Система стандартов «Надежность в технике».

2. Кириллов Н.П. Признаки класса и определение понятия «технические системы» // *Авиакосмическое приборостроение*. – 2009. – № 8.

3. ОК 005-93 Общероссийский классификатор продукции.

4. ПР 50.1.019-2000 Основные положения единой системы классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации и унифицированных систем документации в Российской Федерации.

5. Хубка В. Теория технических систем. – М.: Мир, 1987. – 202 с.

References

1. GOST 27.001-95 System Standards «Reliability Engineering»

2. Kirillov N.P. Signs of the class and the definition of «technical system». *Aerospace Instrument*, no. 8, 2009.

3. ОК 005-93 National Classification of products.

4. PR 50.1.019-2000 Main provisions of the unified system of classification and coding of technical, economic and social information and standardized documentation systems in the Russian Federation.

5. Hubka V. Theory of technical systems. M.: Mir, 1987. 202 p.

Рецензенты:

Панов А.Ю., д.т.н., заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород;

Федосенко Ю.С., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Информатика, системы управления и телекоммуникации», ФГБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта», г. Нижний Новгород.

Работа поступила в редакцию 28.07.2014.