

ных геометрических и физических параметрах (с учётом функционально-градиентного материала цилиндра), находим напряжения и перемещения.

На основании решения упругой задачи рассматривали вязкоупругий случай, в котором характеристики трубы изменяются во времени. Для реализации расчета напряженно-деформированного состояния цилиндрической трубы использовали интегральные операторы Вольтера и методику определения параметров ядра Ржаницына-Колтунова. С учетом физико-механических свойств были построены графики изменения напряжений деформаций во времени трубы из композита с учетом явления ползучести и релаксации.

С учетом физико-механических свойств были построены графики изменения напряжений деформаций во времени трубы из композита с учетом явления ползучести и релаксации. Создана компьютерная программа в среде Delphi, которая реализует расчет напряжений и перемещений для цилиндрической трубы в податливой оболочке с полиуретановой теплоизоляцией. Предлагаемые подходы могут быть использованы в производственных процессах.

### **Литература**

1. Анализ контактного взаимодействия автомобильной шины с колесным диском и дорожным покрытием / В.В. Можаровский [и др.] // Доклады Белорусского конгресса по механике: сборник научных трудов. – Минск, 2007. – С. 135–142.
  2. Wang, H. Combined effect of moving wheel loading and three-dimensional contact stresses on perpetual pavement responses / H. Wang., I.L. Al-Qadi // Transportation research record. – 2009. – Vol.2095. – P. 53–61.
- Можаровский, В.В. Прикладная механика слоистых тел из композитов / В.В. Можаровский, В.Е. Старжинский. – Минск : Наука и техника, 1988. – 280 с.

УДК 681.3

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ JAVASCRIPT-ФРЕЙМВОРКА GOJS ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Е.И. Сукач, Д.В. Гетиков, М.А. Бужан, Ю. В. Жердецкий  
*УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины», Бела-  
русь*

**Введение.** Рассматриваются подходы к программному моделированию транспортных систем (ТС) большой размерности, имеющих веро-

ятностные характеристики ввиду наличия случайных параметров функционирования. Приводится пример моделирования ТС с использованием программного web-ориентированного комплекса, представляющего собой средство виртуализации набора параметризованных имитационных моделей для решения задач оценки надёжности многокомпонентных сложных систем с учётом динамически изменяющихся компонентов.

**Подходы, применяемые к моделированию транспортных систем.** Существует ряд задач, решаемых при исследовании ТС и их потоков. Классическими задачами в этой области являются определение кратчайшего (наиболее выгодного) пути в ТС и нахождение максимальной величины (пропускной способности) потока. 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 расчётах, 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 [1].

Целью исследования была разработка web-ориентированного программного комплекса, рассчитанного на построение кратчайшего пути/максимального потока в условиях всех возможных комбинаций сложной системы, который также позволяет установить зависимости времени выполнения алгоритма от количества вершин/состояний/связей. Объектом исследования являлась сложная система большой (ограниченной) размерности, включающая множество компонентов, каждый из которых характеризуется множеством несовместных состояний. Состояния определялись в соответствии с промежуточными уровнями исследуемого свойства компонентов, которые характеризовались некоторыми физическими параметрами. Ставилась задача определения вектора вероятностей состояний исследуемой системы по вероятностным значениям исследуемого свойства её компонентов.

В случаях, когда функционирование системы зависит от случайных факторов, возможно применение расчётного метода, основанного на сочетании аналитических алгоритмов решения классических задач и метода Монте-Карло. Суть его заключается в использовании модифицированных детерминированных алгоритмов при учете вероятностных характеристик участков системы, значения которых «разыгрываются» с

использованием метода статистических испытаний [2]. Применение имитационного моделирования позволяет исключить большинство ограничений и повысить точность результатов для существующих и прогнозируемых транзитных потоков. Однако метод подобного рода предполагает рассмотрение различных траекторий функционирования исследуемых систем во времени с последующим усреднением полученных статистических результатов, что является весьма ресурсоёмким как по материальным, так и по временным затратам процессом.

Альтернативным способом оценки максимального потока ТС является вероятностный подход. В этом случае ТС представляется в виде графа, для которого указан исток и сток. В расчетах в качестве исходных данных используются векторы вероятностей, которые характеризуют вероятные значения пропускной способности участков ТС. Задачей является поиск вероятностной оценки максимального потока ТС, а также соответствующих интервальных значений пропускной способности ТС учётом имеющихся данных. Для ТС простой графовой структуры применим метод вероятностно-алгебраического моделирования. Он гарантирует определение интегральных вероятностных характеристик ТС, увеличение числа элементарных участков которых и их состояний не приводит к экспоненциальному усложнению расчётов.

Для ТС структурно-сложной организации метод вероятностно-алгебраического моделирования предполагает декомпозицию исследуемой ТС в виде непересекающейся совокупности графовых подструктур-четырёхполюсников, являющихся образами подсистем исследуемой системы и последующее вероятностно-алгебраическое умножение полученных векторов вероятностей, характеризующих пропускную способность выделенных графовых структур.

**Программный комплекс оптимизации функционирования ТС.** Описанные выше методы легли в основу создания программного web-ориентированного комплекса, оптимизирующего организацию ТС с учётом случайных параметров их функционирования за счёт решения типовых задач моделирования путем эксплуатации набора параметризованных имитационных моделей [3].

Программный комплекс, представляющий собой средство виртуализации набора параметризованных имитационных моделей, реализован базовыми средствами разработки web-приложений. Структура приложения составлена на языке гипертекстовой разметки HTML5, логика приложения реализована на языке JavaScript, дружественный графический интерфейс реализован при помощи набора каскадных таблиц стилей CSS3.

Выбор средств разработки обуславливается растущей популярностью веб-приложений. На сегодняшний день средства доступа в Internet практически всегда находятся в непосредственной близости от человека (мобильный телефон, персональный компьютер, ноутбук, планшет), а значит современное приложение должно быть доступно через представляемые подобным способом сетевым сервисом.

Стиль, а также значительная часть задействованных в интерфейсе каскадных таблиц и элементов управления, обеспечены использованием современных JavaScript библиотек, таких как jQuery, гибкая настройка структуры приложения обусловлена использованием популярного фреймворка Bootstrap, что позволяет приложению работать не только на персональном компьютере, но и на современных мобильных платформах посредством одного лишь web-браузера.

Логика приложения реализована на интерпретируемом языке программирования JavaScript (ECMAScript), что позволяет использовать приложение на динамической основе и без перезагрузки страницы приложения. Заданная графовая структура ложится в основу объектно-ориентированной модели, которая в свою очередь обладает специфическими свойствами объекта класса библиотеки GoJS – JavaScript библиотеки для создания интерактивных диаграмм, графиков, а также иного рода объектных моделей динамического характера. Многие предустановленные средства и команды уже реализованы в данной библиотеке, что приводит к контролируемым и динамически предсказуемым результатам поведения объектов модели по заданным параметрам. Изменение внешнего вида, а также поведения получаемой на выходе диаграммы (визуальной графовой структуры) по большей части становится вопросом задания определенных свойств модели.

Концепция проста: Диаграммы состоят из частей – Узлов, которые, в свою очередь, могут соединяться Связями, что может быть объединено в логические Группы. Все эти элементы объединяются в Слои, организовываясь в Макет. При этом, каждая диаграмма имеет свою Модель, которая и содержит, и интерпретирует заданные приложением данные для определения отношений узел-узел, а также нахождения в группах.

Понятие Модели в контексте программного продукта расходится с понятием имитационных моделей, используемых для решения типовых задач оптимизации системы. В контексте программного комплекта, Модель – логический элемент структуры приложения, отвечающий за логику управления имеющимися для обработки данными, в том числе для динамического связывания данных приложения и отображаемого результата.

Все программные изменения в свойствах Диаграммы, Модели, других графических объектов задаются в отдельных транзакциях пользовательских действий, что обеспечивает корректное внесение изменений в объекты и динамическую реакцию виртуальной модели на внесенные изменения с последующим мгновенным изменением отображаемой структуры.

**Заключение.** Практическое применение программного комплекса позволит спрогнозировать и оценить надёжность многокомпонентных сложных систем с учётом со временем изменяющихся компонентов, а также анализировать изменение пропускной способности в результате изменения аналогичных параметров их компонентов, а использование модели данных обеспечит интуитивный интерфейс с динамическим отображением данных в интерактивном режиме.

### **Литература**

1. Сукач, Е.И. Вероятностно-алгебраическое моделирование потоковых систем / Е.И. Сукач [и др.] // Современные информационные компьютерные технологии mcIT-2010 [Электронный ресурс]: материалы II Международной научно- практической конференции. – Гродно, 2010. – 1 электр. компакт диск (CD-R). – 995 с. – Рус. – Деп. в ГУ «БелИСА» 24.05.2010 г., № Д201019.
2. Гетиков, Д.В. Моделирование вероятностных характеристик надежности потоковых систем // Д.В. Гетиков, Е.С. Абрамов, Д.В. Дервянко, //Сборник материалов научной конференции "Молодежь в науке - 2015", г.Пинск, ноябрь 2015г.
3. Сукач, Е.И. Вероятностно-алгебраический метод моделирования сложных систем / Е.И. Сукач, Д.В. Ратобыльская, В.Н. Кулага // Имитационное моделирование. Теория и практика. ИММОД-2009: материалы научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 21–23 октября 2009 г.) В 2 т. Т. 1. – Санкт- Петербург, 2009. – С. 187–191.

УДК 004.942

### **ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ВУЗЛІВ, ДАВАЧІВ ТА КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ**

В.В. Литвинов, О.О. Литвин, О.І. Трунов

*Чернігівський Національний технологічний університет,*

Сучасні системи підтримки прийняття рішень (СППР) і пов'язані з ними аналітичні інформаційні технології у своїй основі базуються на