

УДК 004.89

## МЕТОДИЧЕСКОЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ «УМНЫЙ ДОМ»

М.О. Яковлева<sup>1</sup>, В.А. Углев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>магистрант, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Железногорск, Россия, e-mail: [msamoshenko@bk.ru](mailto:msamoshenko@bk.ru)

<sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Железногорск, Россия, e-mail: [uglev-v@yandex.ru](mailto:uglev-v@yandex.ru)

**Аннотация.** В работе представлена методика динамического синтеза профиля для управления оборудованием в системе «Умный дом». На примере управления мультимедийной системой показаны принцип составления поля знаний, архитектура базы знаний и её интеграция в ядро управляющей системы в виде продукционной экспертной системы.

**Ключевые слова:** умный дом, искусственный интеллект, профиль, синтез, методика.

## METHODICAL AND ALGORITHMIC SUPPORT OF AN INTELLECTUAL CONTROL SYSTEM “SMART HOME”

Marina Yakovleva<sup>1</sup>, Victor Uglev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>master student, Federal State Autonomous Educational Institution Higher Education “Siberian Federal University”, Zheleznogorsk, Russia, e-mail: [msamoshenko@bk.ru](mailto:msamoshenko@bk.ru)

<sup>2</sup>Ph.D., associate professor, Federal State Autonomous Educational Institution Higher Education “Siberian Federal University”, Zheleznogorsk, Russia, e-mail: [uglev-v@yandex.ru](mailto:uglev-v@yandex.ru)

**Abstract.** The paper presents a method of dynamic synthesis profile for control of equipment in the system of «smart house». For example, control multimedia system shows the principle of drawing up a field of knowledge, architecture of knowledge base and its integration into the core of the control system in the form of production expert system.

**Keywords:** smart home, artificial intelligence, profile, synthesis, method.

**Введение.** Концепция Smart Home («Умный дом», УД) – один из базовых подходов комплексной автоматизации повседневного окружения человека. Главной целью этой концепции является повышение удобства и комфорта [1]. Система управляется УД осуществляется автоматически по профилям жильцов, имеющих индивидуальные настройки и различный при-

ритет, или в «ручном» режиме при помощи пульта. Но профильное управление не может реализовать гибкую подстройку параметров оборудования в УД, не имея собственного интеллектуального модуля [2], создавая риски навредить отдельным категориям граждан, которые ситуационно появляются в контуре управления.

Традиционный подход к управлению УД заключается в настройке профилей, в которых описывается, что должна делать система для каждой конкретной ситуации. Первоначально создается несколько профилей под каждого пользователя (жильца дома), определяющих в каких пределах поддерживать те или иные параметры (температура воздуха, уровень приточной вентиляции, уровень освещенности и т.д.). В процессе эксплуатации каждый пользователь такой системы вынужден вручную перенастраивать свой профиль, а в случае присутствия в одном помещении нескольких жильцов – довольствоваться параметрами микроклимата более приоритетного (доминирующего) профиля [1]. Пока в отдельно взятой комнате находится один человек из числа жильцов или нет уязвимых категорий людей (маленькие дети, беременные женщины, люди с ограниченными возможностями и пр.), такой подход к управлению полностью оправдывает себя. Но он не делает систему управления УД гибкой, когда в присутствии нескольких человек необходимо искать компромисс между комфортом и безопасностью [3].

**Цель работы.** Опираясь на вышеизложенный материал, была поставлена цель исследования – создание созданию *интеллектуальной системы управления УД*, способной реагировать и принимать адекватные решения в условиях неопределенного стечения обстоятельств, проработав методический и алгоритмический аспекты [4].

**Материал и результаты исследований.** Методическое и технологическое обеспечение процесса управления настройками системы УД должна опираться на формирование *динамического (ситуационного) профиля* режимов работы активного оборудования. Отметим основные этапы динамического синтеза профиля (настроек оборудования) интеллектуальным ядром системы управления «Умный дом» [5]:

1. Выявление всех присутствующих в помещении людей и их статуса (имеющие профиль или не имеющие его, принадлежащие уязвимым категориям или нет);
2. Инициализация нового профиля, имеющего максимальный приоритет среди присутствующих в помещении людей;
3. Синтез настроек профиля через процедуру разрешения конфликта;
4. Применение настроек для текущего помещения до того момента, пока не произойдет изменение состава присутствующих в помещении.

Для того чтобы реализовать 3 этап нам необходимо использовать специальный подход к принятию решений. Для этого разработаем базу знаний, которая стане основой экспертного управления настройками активного оборудования в составе интеллектуального ядра системы УД. Аспекты, охватываемые базой знаний, предполагают анализ и управление уровнем громкости систем мультимедиа (домашний кинотеатр, усилительные колонки, телевизор и пр.), уровнем освещения (основные и вспомогательные осветительные приборы), температурой системы водоснабжения, активностью точек доступа к электрическим сетям (розетки), интенсивностью отопления, интенсивностью и температурой системы кондиционирования и вентиляции.

Методика формирования знаниевых структур, обеспечивающих логику работы интеллектуального ядра системы УД, предполагает составление поля знаний, его формализации в виде структурированного дерева решений, и затем выявления набора правил логических обобщений [6]. Имея подобные структуры формируется решатель (ядро принятия решений), обеспечивающий алгоритмическую отработку ситуационного обхода дерева решений. Проиллюстрируем фрагмент поля знаний экспертной системы, отвечающий за управление уровнем громкости систем мультимедиа, выделив три уровня обобщения:

1. Первый уровень – категоризация входных данных, определяющих ситуацию выбора настроек мультимедийной системы.
2. Второй уровень – обобщение исходных данных, в форме набора гипотез.
3. Третий уровень – вывод характера управляющего воздействия на мультимедийную систему.

Представим дерево принятия решений в виде графа (рисунок 1), детализировав каждый уровень дерева принятия решений по составу.

На первом уровне будет шесть вершин: «*Тип комнаты*», «*Текущее значение уровня громкости мультимедийной системы*», «*Предпочтительный уровень громкости приоритетного (хозяйского) профиля*», «*Наличие в комнате ребенка*», «*Наличие в комнате беременной женщины*» и «*Наличие в комнате пожилого человека или человека с ограниченными возможностями*».

Детализируем первый уровень. Первой вершиной является «*Тип комнаты*». Данная вершина может принимать следующие значения: «*Кухня*»; «*Спальня*»; «*Санузел*»; «*Гостиная и прочие*». Вторая вершина – «*Текущее значение уровня громкости мультимедийной системы*», которая отражает количественное значение текущей настройки уровня громкости для

системы мультимедиа, которое после фазификации [7] примет одно из следующих состояний: «Тихо»; «Средняя громкость»; «Громко»; «Очень громко». Следующая вершина – «Предпочтительный уровень громкости приоритетного (хозяйского) профиля», принимающее одно из следующих значений: «Тихо»; «Средняя громкость»; «Громко»; «Очень громко». Вершины «Наличие в комнате ребенка/беременной женщины/ пожилого человека или человека с ограниченными возможностями» являются дискретными и относятся исключительно к гостям (тем, кто не имеет настроенного профиля в системе УД).



Рис. 1 – Поле знаний для управления уровнем громкости системы мультимедиа в УД

На втором уровне обобщения будут проверяться следующие гипотезы: «Степень опасности для уязвимых категорий», «Уровень комфорта легитимных пользователей» и «Уровень комфорта нелегитимных пользователей». Вершина «Степень опасности для уязвимых категорий» (возможность нанести вред), представлена следующими состояниями: «Не опасно»; «Незначительный»; «Существенный». Следующая вершина – «Уровень комфорта легитимных пользователей» принимает следующие значения: «Соответствует ожиданиям»; «Не соответствует ожиданиям». А вершина «Уровень комфорта нелегитимных пользователей» может принимать значения: «Не учитывается»; «Приемлем»; «Не приемлем».

На третьем уровне (уровне выводов) будет одна вершина – это «Новое значение уровня громкости системы мультимедиа», который имеет следующие значения: «Оставить громкость на текущем уровне»; «Понизить уровень громкости до границы безопасности»; «Повысить громкость до границы комфорта».

Из рисунка 1 видно, при сочетании каких вершин первого уровня получается каждая из вершин второго уровня. А совокупность всех вершин второго уровня определяет значение единственной вершины третьего уровня. Построенное поле знаний представлено в виде коллекции продукционных правил экспертной системы. В качестве оболочки формирования экспертной системы используется программа FLM\_Builder (рисунок 2) [8], а в качестве модуля интеграции с ядром управления системой УД – динамически подключаемую библиотеку FLM\_Integrator [9].

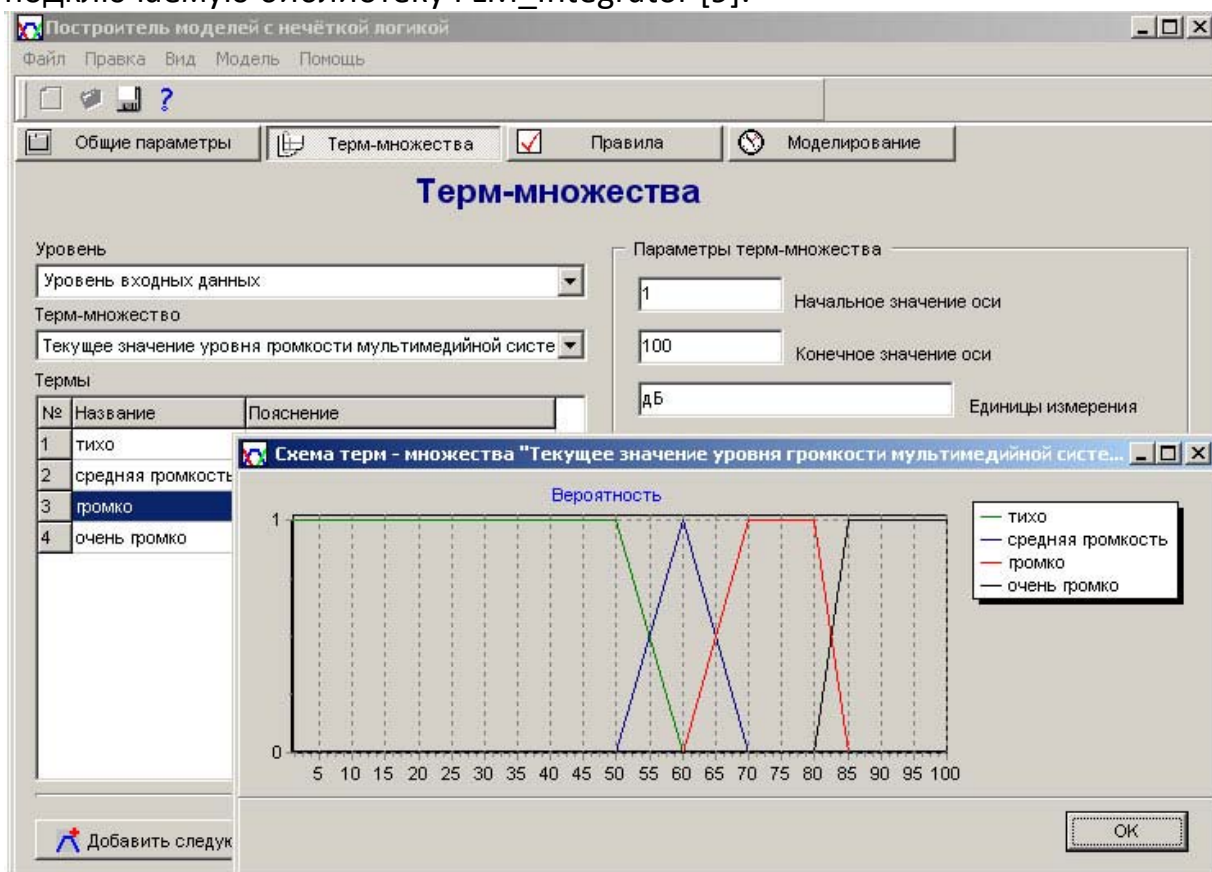


Рис. 2 – Модель экспертной системы для аспекта управления уровнем громкости систем мультимедиа в FLM\_Builder

Для проверки адекватности работы интеллектуального ядра системы управления УД, осуществляющего динамический синтез компромиссного профиля, был разработан программный имитатор, а так же методика оценки уровня удовлетворенности и безопасности легитимных пользовате-



лей (хозяев) и гостей. На данном этапе исследования проводится серия экспериментов, направленных как на подтверждение результативности алгоритмов динамического синтеза компромиссного профиля, так и на уточнение содержимого базы знаний.

**Выводы.** В заключении следует ещё раз подчеркнуть, что технология умный дом – это не только комфорт и экономия, но и безопасность [4]. Поэтому методика создания систем управления и их алгоритмическое обеспечение должны быть качественно проработаны и оттестированы. Технологии smart будут соответствовать их позиционированию в качестве умных только тогда, когда будут выполнены следующие требования:

- база знаний управляющего модуля УД объединит статические профили легитимных пользователей (хозяев) и гостевые (абстрактные);
- ядро управляющей системы УД будет эффективно описывать обстановку каждого помещения, опираясь на компактную базу знаний (например, в виде коллекции продукционных правил или весомой онтологии);
- упор в выборе настроек оборудования УД будет сделан на безопасность наиболее уязвимых категорий граждан.

Очевидно, что в подобных системах «Умный дом» должны быть развиты средства идентификации и аутентификации людей, включая анализ визуального образа с помощью систем технического зрения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Харке В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилом помещении / В. Харке. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.
2. Углев В.А. Автоматизация на базе концепции «Умный дом»: проблемы интеллектуализации / В.А. Углев // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы III международной научной конференции. – Красноярск: Центр информации, 2012. – С. 40-44.
3. Углев В.А. К вопросу описания профилей работы оборудования при реализации концепции автоматизации «Умный дом» / В.А. Углев // Интеллект и наука: Материалы XII Международной научно-практической конференции. – Красноярск: Центр информации, 2012. – С. 86-87.
4. Углев В.А. Smart Home: текущее состояние в РФ и перспективные направления исследований / В.А. Углев // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы IV Международной научно-технической конференции. - Железногорск: СФУ, 2012. – С. 88-91.
5. Яковлева М.О. Динамический синтез профиля работы системы «Умный дом» / М.О. Яковлева, В.А. Углев // Перспективные методы и средства интеллектуальных систем // Материалы всероссийского научно-практического семинара и школы молодых ученых. – Новосибирск: НГТУ, 2015. – С. 48-49.
6. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хоросhevский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

7. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 168 с.

8. Углев В.А. Разработка экспертных систем с применением внешних модулей / В.А. Углев, Б.С. Добронез // Молодёжь и наука: начало XXI века: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных: В 3 ч. Ч. 1. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – С. 305-306.

9. Углев В.А., Измайлов В.А. Динамически подключаемая библиотека "FLM\_Integrator". – М.: Роспатент, 2012. – №2012613119 от 30.03.2012.

УДК 662.7

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОПОДІБНИХ ПАЛИВ ДЛЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

**В.В. Слободчиков<sup>1</sup>, М.М. Балака<sup>2</sup>, М.В. Педоряка<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>завідувач денним відділенням «Механізація та інформаційні технології», викладач, Миколаївський будівельний коледж Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Миколаїв, Україна, e-mail: [xair@ukr.net](mailto:xair@ukr.net)

<sup>2</sup>асистент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: [maxim.balaka@gmail.com](mailto:maxim.balaka@gmail.com)

<sup>3</sup>студентка групи ПНМ-31, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: [marinabgan@bigmir.net](mailto:marinabgan@bigmir.net)

**Анотація.** В роботі проаналізовано можливість застосування газоподібних палив в якості альтернативних моторних палив. Проведено порівняння фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей традиційних нафтових і газоподібних моторних палив.

**Ключові слова:** газоподібне паливо, газ, двигун внутрішнього згоряння.

## THE APPLICATION FEATURES OF GASEOUS FUELS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES

**Vitaly Slobodchikov<sup>1</sup>, Maxim Balaka<sup>2</sup>, Marina Pedoryaka<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Head of Mechanization and Information Technology Day Department, Lecturer, Mykolaiv Building College of Kyiv National University of Construction and Architecture, Mykolaiv, Ukraine, e-mail: [xair@ukr.net](mailto:xair@ukr.net)

<sup>2</sup>Assistant of Building Machinery Department, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: [maxim.balaka@gmail.com](mailto:maxim.balaka@gmail.com)

<sup>3</sup>Student of group PNM-31, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: [marinabgan@bigmir.net](mailto:marinabgan@bigmir.net)

**Abstract.** The possibility use of gaseous fuels as an alternative motor fuels are analyzed in the paper. A comparison of traditional oil and gaseous motor fuels on the basic of physico-chemical and performance properties is carried.

**Keywords:** gaseous fuel, gas, internal combustion engine.



**Вступ.** Останнім часом спостерігається тенденція до зменшення ролі нафти та нафтопродуктів у світовій економіці, яка пояснюється зниженням темпів видобутку розвіданих запасів нафти, помітному скороченні інвестицій у геологорозвідувальні роботи і підвищенні цін на нафту та нафтові палива. Це створює передумови для застосування альтернативних моторних палив, які відповідатимуть високим вимогам експлуатаційних показників і вирішуватимуть екологічну проблему транспортної енергетики [1].

**Мета роботи.** Проаналізувати можливість застосування газоподібних палив у двигунах внутрішнього згоряння та провести їх класифікацію. Розглянути види газоподібних палив, які використовуються в якості альтернативного моторного палива, з подальшим їх аналізом та порівнянням з традиційними нафтовими паливами для автомобільних двигунів.

**Матеріал та результати досліджень.** Вуглеводні з кількістю атомів карбону менше п'яти, що входять до складу природних і промислових газів за нормальної температури та тиску, є газоподібними паливами (ГП). Вперше газ як паливо для двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) запропонував у 1801 р. Ф. Лебон та перші поршневі ДВЗ – двигуни Ж. Ленуара (1861 р.), а також Н. Отто і Е. Лангена (1867 р.) функціонували на ГП.

Перевагами газоподібних моторних палив є:

- наявність значних тільки природних ресурсів, простота їх видобутку і транспортування по трубопроводах;
- можливість застосування додаткового енергоносія, що сприяє збереженню для хімічної промисловості нафти як цінної хімічної сировини;
- висока теплова цінність більшості газоподібних палив;
- легкість подачі, дозування і змішування з повітрям;
- висока детонаційна тривкість;
- повне згоряння з невеликим надлишком повітря без виділення кіптяви, смол і утворення корозійно-активних сполук сульфуру;
- відсутність шкідливого впливу на моторну оливу;
- зменшення зношування деталей ДВЗ;
- низька емісія токсичних компонентів у відпрацьованих газах в порівнянні з традиційними нафтовими моторними паливами.

До недоліків газоподібних палив слід віднести:

- високу вибухонебезпечність;
- отруйність ряду ГП (світільний, генераторний і доменний газу).

Загальна класифікація ГП передбачає розподіл за питомою теплотою згоряння, походженням і агрегатним станом в паливних баках транспорту.

Усі види ГП за об'ємною енергоємністю  $Q$  поділяють на три групи [2]:

- низькокалорійні (генераторний, доменний, рудний) до  $10^5$  кДж/м<sup>3</sup>;



– середньокалорійні (водяний, світільний, коксовий) від  $10^5$  до  $2 \cdot 10^5$  кДж/м<sup>3</sup>;

– висококалорійні (природні з газових та газоконденсатних родовищ, нафтові або супутні, що добуті безпосередньо з нафтою з свердловин, а також промислові як продукти переробки нафти на нафтопереробному заводі або її продуктів на нафтохімічних комбінатах) більше  $2 \cdot 10^5$  кДж/м<sup>3</sup>.

Розглянемо тільки висококалорійні гази – природні та нафтові (супутні та промислові), які використовуються в якості моторного палива.

Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості нафтовим моторних палив (НМП) і палив з природного газу [3] наведено в таблиці 1.

Порівняння нафтового бензину, метану і пропан-бутану за вмістом токсичних речовин у відпрацьованих газах за критерієм інтегральної екологічної небезпеки [3] наведено в таблиці 2.

Експерти фірми «British Gas» виконали оцінку економічного збитку (ф.ст./км пробігу) з урахуванням екологічних властивостей деяких моторних палив, який складає: для бензину нафтового – 0,01, для дизпалива нафтового – 0,026 і для природного газу – менше 0,002. Значним фактором з розширення застосування природного газу є цінова політика, тобто державне зниження податків на газоподібне паливо порівняно з нафтовим.

**Таблица 1 – Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості НМП і палив з природного газу**

Показник	Нафтові моторні палива		Палива з природного газу	
	бензин	дизпаливо марки Л	КПГ*	СНГ**
Октанове число (дослідне)	80...98	—	100...110	90...110
Цетанове число	—	40...45	—	18...22
Масова енергоємність, МДж/кг	41...44	42...43	49...50	45...46
Питома теплоємність при 20 °С, Дж/кг·град	2,0...2,1	2,9	2,2	1,65
Стехіометрична потреба повітря в процесі згоряння, кг/кг	14...15	14,0... 14,5	17,0...17,5	15,0
Температура (°С) при 0,1013 МПа: застигання (кристалізації) кипіння спалахнення самозаймання	нижче –60	не вище –10	–182	–187
	35...215	160...360	–162	–42
	нижче 0	нижче 40	—	—
	350...400	230...300	650...700	550...600
Відношення С/Н	5,5	6,5	3,0	4,5
Густина при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	700...760	810...870	150 при 2 МПа	550 при 2 МПа
Коефіцієнт заміності по відношенню до бензину	1,0	0,75	0,84	0,94

\*Компримований природний газ; \*\* Скраплений нафтовий газ

Таблиця 2 – Інтегральна екологічна небезпека (ІЕН) моторних палив

Компонент відпрацьованих газів	Коефіцієнт екологі- чної небезпеки	Викид в атмосферу (г/кВт-год) при використанні					
		бензину нафтового		метану		пропан-бутану	
		викид	ІЕН, від.од.	викид	ІЕН, від.од.	викид	ІЕН, від.од.
Карбон (II) оксид	1	10	10	1,5	1,5	2	2
Вуглеводні (без метану)	2	2	4	0,2	0,4	1,5	3
Оксиди нітрогену	70	2	140	1	70	1,6	112
Бензапірен	$3 \cdot 10^6$	0,03	$9 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{-4}$	900	$3 \cdot 10^{-4}$	900
Оксиди плюмбуму	$10^4$	0,1	100	—	—	—	—
Сума ІЕН, від.од.			90254		972		1017

Компримований (стиснений) природний газ (CNG – Compressed Natural Gas) сьогодні є одним з альтернативних моторних палив, який застосовується в ДВЗ. Поряд з високою масовою енергоемністю (див. табл. 1), низьким вмістом токсичних речовин у продуктах згоряння (див. табл. 2) та високою детонаційною тривкістю, що пом'якшує роботу двигуна і дає змогу форсувати його за ступенем стиску, до позитивних факторів використання компримованого природного газу (КПГ) можна віднести [4]:

- підвищення на 35...40 % моторесурсу двигуна порівняно з бензиновими ДВЗ;
- збільшення у 2...3 рази терміну використання моторної оливи і на 30...40 % терміну служби свічок запалювання.

Але поряд з перевагами цей вид палива має суттєві недоліки [3, 4]:

- підвищення вартості машини (за наявності газобалонної апаратури) в середньому на 27 %;
- зниження потужності ДВЗ на 18...20 % за рахунок зменшення енергоемності паливоповітряної суміші і коефіцієнта наповнення циліндрів у порівнянні зі скрапленими природним і нафтовим газами;
- збільшення тривалості розгону на 24...30 % і зниження максимальної швидкості на 5...6 % за рахунок погіршення тягово-динамічних властивостей транспортного засобу;
- зменшення вантажопідйомності машини на 9...14 % за рахунок значної маси (до 90 кг) балонів високого тиску (до 20 МПа) об'ємом 50 л;
- необхідності ретельного очищення КПГ від вологи (для запобігання замерзання апаратури при дроселюванні газу), та від ціану (CN)<sub>2</sub> (для запобігання руйнування стінок балонів від міжкристалічної корозії);
- збільшення на 7...8 % трудомісткості техобслуговування та ремонту.

Але з урахуванням того, що питома вартість витраченого палива різко знижується, транспорт, який працює на КПГ, все-таки більш економічний.

Нижче наведено різноманітні можливості пристосування сучасних ДВЗ для живлення їх компримованим природним газом .

- Модернізація, завдяки введенню нових елементів, належить до модифікації існуючих двигунів, яка проводиться шляхом зміни або введення нових елементів, що створюють можливість використання в якості палива КПГ. Виробник транспортного засобу не дає гарантії на такі двигуни.

- Нові двигуни – це стосується двигунів, вироблених на заводі та фабрично пристосованих до живлення КПГ.

- Спеціальні двигуни, пристосовані виключно для живлення КПГ (модернізовані або нові двигуни).

- Двопаливні двигуни з відкритою системою керування – стосується винятково конверсії дизельних двигунів. У цих двигунах збережена існуюча паливна система і додана паливна система КПГ. Застосовується два палива та їх взаємні пропорції змінюються в залежності від навантаження двигуна. 100 % споживання дизпалива, але неможливе 100 % споживання КПГ.

- Двопаливні двигуни з замкнутою системою керування – модифікація двигуна, що живиться двома паливами, причому об'ємна частка дизпалива невелика і обмежується джерелом запалення для КПГ. Двигун, що живиться винятково дизпаливом, може працювати на холостому ходу, але не може досягти повної потужності.

- Двигуни, які працюють на двох паливах, належать до двигунів, що можуть заправлятися по черзі бензином і КПГ, але ніколи двома паливами одночасно. Вибір палива здійснюється за допомогою механічного або автоматичного перемикача.

Для роботи на КПГ пристосовані автомобілі марок ЗИЛ-138А, ГАЗ-52-27, КамАЗ-53208...КамАЗ-53218, автомобілі-самоскиди ЗИЛ-ММЗ-54054, автомобілі-фургони ГЗСА-37042 (для перевезення хліба), ГЗСА-8991В (для перевезення промислових товарів), ГЗСА-893Б (для перевезення меблів), машини міського комунального господарства, автобуси ЛиАЗ-677Г, ЛиАЗ-695П, ЛАЗ-695НГ тощо [4]. Автомобільні газонаповнюючі компресорні станції рентабельні (АГНКС) при об'ємах реалізації КПГ 7...8 млн.м<sup>3</sup>/рік [3].

*Скrapлений природний газ (LNG – Liquefied Natural Gas).* Особливістю використання СПГ є дуже низька температура його кипіння – мінус 162 °С, що створює певні складності під час його добування і зберігання. Однак нині розроблені установки для отримання СПГ з використанням технології виробництва рідких водню та кисню для ракетної техніки, які можуть бути розташовані на АГНКС і газоредукуючих станціях (ГРС); продуктивність цих установок забезпечує отримання 400...1000 кг СПГ за годину [3].

Для збереження на борту транспортного засобу будь-якого скрапленого газу необхідна установка спеціальних криогенних ізотермічних балонів,

які мають подвійну оболонку – внутрішню з легованої сталі, а зовнішню – з вуглецевої сталі, простір між якими вакуумований або заповнений теплоізоляційним матеріалом. Внутрішня оболонка вкрита декількома шарами тепловіддзеркалювальної фольги. Така конструкція балона дозволяє зберігати скраплений газ протягом 5 діб практично без втрат, однак значно збільшує вартість балону в порівнянні зі звичайними балонами для КПГ.

Скраплення природного газу дозволяє зменшити його об'єм в 600 разів, масу й об'єм балону для зберігання – в 3...4 та 1,5...2 рази відповідно.

Порівняння паливних систем і основних характеристик на прикладі автомобіля ЗИЛ-138А при використанні різних моторних палив [3] наведено відповідно в таблицях 3 і 4.

Таблиця 3 – Порівняння паливних систем автомобіля ЗИЛ-138А

Показник	КПГ	СПГ	Відношення КПГ/СПГ
Запас газу, кг	75	75	1
Місткість балонів, л	400	175	2,28
Робочий тиск, МПа	20	0,15	130
Кількість балонів	8	1	8
Маса балонів, кг	740	85	8,71
Об'єм простору, який необхідний для розташування балонів, м <sup>3</sup>	1,4	0,6	2,33
Питома металоємність балонів, кг/кг газу	9,86	1,13	8,73

Таблиця 4 – Основні характеристики автомобіля ЗИЛ-138А при використанні різних моторних палив

Показник	Бензин нафтовий	КПГ	СПГ
Надлишковий тиск у балоні, МПа (max)	0,03	20	0,5
Об'єм балону на $4 \cdot 10^4$ кДж, л	1,30	6,20	1,95
Корисна вантажопідйомність, кг	6000	5500	6000
Маса автомобіля при повному заправленні, кг	4300	4900	4450
Викид карбон (II) оксиду в атмосферу, кг/рік	1200	400	400

Порівняння техніко-економічних показників КПГ і СПГ:

- енергоємність їх виробництва приблизно однакова;
- при широкомасштабному виробництві питомі капіталовкладення на СПГ нижчі на 20...30 %, собівартість в розрахунку на 1000 м<sup>3</sup> газу нижче на 20...40 %, а питомі приведені витрати на виробництво, доставку і розподіл нижчі на 10...30 % у порівнянні з КПГ.

За умов розробки високонадійних криогенних балонів і газодизельних двигунів з турбонадувом СПГ може стати перспективним паливом для важковантажних автомобілів (наприклад тягач Mack CH/LNG, який працює на СПГ, є самим «чистим» вантажним автомобілем в США [3]). Це дозволить щорічно замінити декілька млн. тон дизельного палива.

Скрапленный нефтовый газ (LPG – Liquefied Petroleum Gas). Основными компонентами СНГ є пропан ( $C_3H_8$ ) та бутан ( $C_4H_{10}$ ), вміст яких в пропан-бутані залежить від його призначення та марки.

Критична температура пропану дорівнює  $97\text{ }^\circ\text{C}$ , а бутану –  $126\text{ }^\circ\text{C}$ ; при тиску відповідно  $0,716$  та  $0,103$  МПа і температурі нижчій від критичних ці вуглеводні легко скраплюються до бензоподібної рідини (густина СНГ становить – близько  $600\text{ кг/м}^3$ ). Октанові числа пропану і бутану дорівнюють відповідно  $105$  і  $94$ , що забезпечує форсування двигунів вантажних автомобілів зі ступенем стиску до  $8,5\dots 9,0$  і дає змогу збільшити їх потужність.

Джерелами виробництва скрапленого нафтового газу є:

- переробка на газопереробному заводі природного газу газових та газоконденсатних родовищ, а також супутніх газів нафтових родовищ;
- різні процеси переробки нафти на нафтопереробних заводах;
- різні процеси органічного синтезу, які реалізовані на нафтопереробних заводах і нафтохімічних комбінатах.

Для автомобільного транспорту в країнах СНД за ГОСТ 27578-78 виробляється дві марки СНГ: ПА – пропан автомобільний (застосовується взимку при температурах повітря від  $-20$  до  $-35\text{ }^\circ\text{C}$ ) та ПБА – пропан-бутан автомобільний (використовують в усіх кліматичних зонах при температурі повітря не нижче  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Приміром у Польщі СНГ для транспортних засобів містять влітку  $40\%$  мас. пропану і  $60\%$  мас. бутану, а взимку ця пропорція протилежна [4]. Це пов'язано з тим, що тиск насиченої пари бутану при  $37,8\text{ }^\circ\text{C}$  дорівнює  $0,26$  МПа, а пропану –  $1,2$  МПа, що впливає на здатність переходу цих складових СНГ у газоподібний стан.

Для виявлення можливого витіку СНГ він повинен мати характерний запах одоранту, оскільки не всі гази мають запах і колір, через що виявити їх витікання із паливної системи буває важко. Концентрація одоранту у повітрі в кількості  $20\%$  від нижньої межі завогнення повинна чітко розпізнаватися. Як одорант до СНГ найчастіше використовують етилмеркаптан, що має температуру кипіння  $37\text{ }^\circ\text{C}$  і різкий неприємний запах; його відчують при концентрації в повітрі  $1,9 \cdot 10^{-4}\text{ г/м}^3$  [5].

Експлуатаційні якості автомобілів, двигуни яких працюють на СНГ (порівняно з бензином) оцінюють таким чином [4]:

- при правильному регулюванні й нормальному режимі роботи системи подачі СНГ знижується токсичність відпрацьованих газів, а саме за карбон оксидами ( $CO_x$ ) в  $3\dots 4$  рази, за нітроген оксидами ( $NO_x$ ) в  $1,2\dots 2,0$  рази, а неспаленими вуглеводнями ( $C_xH_y$ ) в  $1,2\dots 1,4$  рази і більше;

- за рахунок високого октанового числа СНГ можливо підвищити ступінь стиску ДВЗ і відповідно його потужність і паливну економічність (у протилежному випадку ДВЗ, які працюють на СНГ знижують потужність на міжміських магістралях на  $7\dots 15\%$  та збільшують об'ємну витрату палива на  $15\dots 20\%$  за рахунок більш низької густини палива);



- термін заміни моторної оливи збільшується в 2,0...2,5 рази;
- трудомісткість техобслуговування і ремонту зростає на 3...5 %, але їх витрати покриваються збільшенням міжремонтного пробігу в 1,2...1,4 рази.

На сьогодні промисловість країн СНД випускає газобалонні автомобілі для роботи на СНГ двох типів:

- зі спеціальними двигунами, розрахованими для роботи на газу з резервною системою живлення для термінової роботи на бензині (ЗИЛ-138, ЗИЛ-138В, ЛиАЗ-45023, ЛиАЗ-677Г, ГАЗ-53-07, ЛАЗ-695П);
- з універсальними двигунами, що допускають тривалу роботу як на бензині, так і на газу (ГАЗ-52-07, ГАЗ-52-08, ГАЗ-24-07).

Незважаючи на високі експлуатаційні властивості СНГ та їх екологічну ефективність частка автомобілів за кордоном, яка працює на СНГ невелика та складає: в Німеччині – 0,03 %, США – 0,25 %, Японії – 0,70 %, Бельгії – 1,73 %, Франції – 0,23 %, Данії – 2,20 % і Нідерландах – 7,50 % [3].

**Висновки.** Альтернативні моторні палива на сьогодні – це ефективні заміники традиційних нафтових палив, застосування яких дозволяє поліпшити екологічні та експлуатаційні властивості автомобільного транспорту. Однак, використання газоподібних палив у двигунах внутрішнього згоряння, зокрема компримованого і стиснутого природного газів та стисненого нафтового газу, вимагають модернізації конструкції двигуна, переобладнання машини і суворого дотримання правил техніки безпеки. Водночас важелем розширення застосування газоподібного палива порівняно з традиційним нафтовим моторним паливом є державна цінова політика.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Слободчиков В. В. Моторні палива з альтернативних енергетичних ресурсів / В. В. Слободчиков, М. М. Балака // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2015 : материалы Международ. науч.-практ. конф., 21–22 мая 2015 г. – Д. : НГУ, 2015. – С. 250–254.
2. Тереньев Г. А. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / Г. А. Тереньев, В. М. Тюков, Ф. В. Смаль. – М. : Химия, 1989. – 272 с.
3. Емельянов В. Е. Альтернативные экологически чистые виды топлива для автомобилей. Свойства, разновидности, применение / В. Е. Емельянов, И. Ф. Крылов. – М. : Астрель, АСТ, 2004. – 128 с.
4. Полянський С. К. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин / С. К. Полянський, В. М. Коваленко. – К. : Либідь, 2005. – 504 с.
5. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение : [справочник] / [И. Г. Анисимов, К. М. Бадаштова, С. А. Бнатов и др.] ; под ред. В. М. Школьников. – [2-е изд.]. – М. : Техинформ, 1999. – 596 с.

УДК 004.438

## СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО САЙТА ПО ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО МАТЕМАТИКЕ

Р.И. Абдуллина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>студент факультета «Математики и информационных технологий», группа АИС-41, Стерлитамакский филиал «Башкирский государственный университет», г. Стерлитамак, Россия, e-mail: [andakm@rambler.ru](mailto:andakm@rambler.ru)

**Аннотация.** В работе рассматривается процесс создания информационного сайта для выпускников сдающих ЕГЭ с Web-интерфейсом. Рассматриваются стадии разработки проекта сайта на основе системы управления содержимым Joomla!. Подробно рассматриваются возможности Joomla!.

*Ключевые слова:* сайт, Web-интерфейс, Joomla!

## CREATION OF INFORMATION SITE PREPARATIONS FOR USE IN MATHEMATICS

Rufina Abdullina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>student of the Faculty "Mathematics and Information Technologies", group of AIS-41, Sterlitamak Branch "Bashkir State University", Sterlitamak, Russia, e-mail: [andakm@rambler.ru](mailto:andakm@rambler.ru)

**Abstract.** The paper deals with the process of creating an information website for the graduates who give the exam Web-based. Consider the stage of development of the site of the project on the basis of the content management system Joomla!. More possibilities rassmatrivayustya Joomla!.

*Keywords:* site, Web-interface, Joomla!

**Введение.** В двадцать первом веке, с развитием информационных технологий, появились средства, без которых мы, казалось бы, уже не можем обходиться. Интернет – одно из таких средств. Это не просто система поиска информации. Интернет сегодня – это среда для ведения нового бизнеса, в условиях рыночной экономики и жесткой конкурентной борьбы, имеющая свою специфику, но подчиняющаяся общим законам бизнеса.

В глобальной сети Интернет любой комплексный веб-ресурс превращается в разработку, стоящую на стыке таких областей, как дизайн, технология баз данных, скриптовое программирование, системное и техническое администрирование.

Для создания сайтов в домашних условиях достаточно использовать популярные программы например как Adobe Dreamweaver или конструктор сайта Joomla. CMS Joomla включает в себя различные инструменты для разработки веб-сайта.[1].

В условиях стрессовых ситуаций при подготовке школьников к выпускным итоговым экзаменам, важным является понятная и наглядно доступная практическая реализация подобных заданий ЕГЭ и ОГЭ. Сегодня информация, размещенная в Интернет, доступна, удобна и востребована большинством пользователей. В связи с этим, разработка значимого содержания сайта с видеокурсом подготовки к выпускным экзаменам становится актуальной.

**Цель работы.** Предметом исследования является процесс создания информационного сайта для выпускников сдающих ЕГЭ с Web-интерфейсом.

Для достижения поставленной цели предстоит решить ряд задач:

- сбор информации о подготовке к выпускным экзаменам;
- анализ полученной информации;
- выбрать программные средства для разработки сайта;
- разработать проект сайта на основе системы управления содержимым Joomla!;
- заполнить информацией разработанную структуру сайта;
- тестирование созданного сайта.

**Материал и результаты исследований.** Joomla! – это Система Управления Содержимым или CMS. Название Joomla! является фонетической транскрипцией слова Jumla! из языка Суахили, что означает «все вместе» или «единое целое». Оно было выбрано, поскольку разработчики оказались единодушны в желании защитить интересы создателей и сообщества, которое и является истинной причиной успеха проекта [2].

Это название было выбрано среди тысяч предложенных сообществом, и в добавок прошло серьезную проверку профессионалами брендинга и маркетинга, которые также решили, что Joomla! – это лучший выбор.

Главное отличие Joomla! от других систем – это стремление разработчиков сохранить управление настолько простым, насколько это возможно, в то же время обеспечивая максимальную функциональность. В итоге, не имея специального образования, можно полностью контролировать свои сайты, вместо того чтобы платить чрезмерно большие суммы денег за закрытое, являющееся чьей-то собственностью программное обеспечение.

Joomla! – это больше, чем просто программа, это люди. Сообщество Joomla! включает в себя программистов, дизайнеров, системных администраторов, переводчиков, технических писателей, и что самое важное, конечных пользователей.

Joomla! очень сильно отличается от обычных порталных систем. Для начала, она не сложна. Joomla! была разработана для широкой публики.

Она распространяется по лицензии GNU/GPL, легка в установке и управлении, и очень надежна. Joomla! не требует от пользователя или администратора системы знаний HTML для управления и работы с ней.

Возможности Joomla!:

- полное управление компонентами базы данных и сайта;
- разделы новостей, товаров или сервисов полностью доступны для управления и редактирования;
- темы разделов могут быть добавлены при сотрудничестве авторов;
- полная настройка расположения блоков, включая левые, правые и центральные блоки меню;
- загрузка изображений браузером в свою собственную библиотеку, для использования на сайте;
- динамические модули форумов, опросов, голосований с показом результатов;
- совместимость с Linux, FreeBSD, MacOSX server, Solaris и AIX;
- изменение порядка объектов, включая новости, часто задаваемые вопросы, статьи и т. д.;
- генератор важных новостей сайта;
- возможность отправки авторами новостей, статей, FAQ и ссылок;
- иерархия объектов – возможно создание разделов, категорий и страниц в желаемом порядке;
- библиотека изображений – возможность хранения своих документов в форматах PNG, PDF, DOC, XLS, GIF и JPEG прямо на сайте для облегчения дальнейшего использования;
- автоматическое исправление путей. Вставьте изображение и дайте Joomla! исправить ссылку;
- менеджер новостных лент. Выберите интересные новости из множества различных служб со всего света;
- менеджер архива. Можно поместить старые новости и статьи в архив, не удаляя их с сайта;
- каждый материал сайта можно «Отправить по почте другу» или «Распечатать»;
- встроенный текстовый редактор, похожий на Word Pad;
- возможность настраивать доступ пользователей к определенным функциям;
- создание опросов и голосований как для отдельных страниц, так и для всего сайта;
- модули персональных страниц – возможность «оживить» свой сайт;

- менеджер шаблонов. Возможность скачать шаблоны и установить их на сайт за несколько секунд;
- возможность предварительного просмотра материалов перед публикацией;
- система управления баннерами.

При решении поставленных задач в процессе работы были использованы методы анализа тренировочных вариантов и создания подробно разобранных видеоуроков.

Структура сайта должна быть понятной, не содержать логических противоречий, позволять посетителю сайта легко найти всю опубликованную информацию.

Исходные данные для web-сайта:

- деятельность организации;
- контакты для связи.

Сайт должен обеспечивать выполнение следующих функций:

- демонстрация предоставляемой информации;
- перемещение по страницам без обновления меню и оформления;
- просмотр без установки дополнительных программ и шрифтов;
- просмотр на различных браузерах;
- разработка интерфейса портала;
- разработка дизайна портала;
- вывод сведений о средствах связи с администратором;
- поиск по сайту;
- тренировочные варианты;
- FAQ;
- курсы видеоуроков.

Логически связанные друг с другом страницы сайта должны иметь взаимные ссылки, что позволяет посетителю легко получать доступ к необходимой информации.

Навигация на сайте должна быть представлена в виде меню, которое должно обеспечивать простой и понятный доступ ко всем страницам сайта.

Тексты на сайте не должны содержать грамматических и стилистических ошибок.

Дизайн должен быть выполнен в единой цветовой гамме, без включения элементов, не сочетающихся с ней по цвету.

Для начала работы необходимо установить Денвер, скачать его можно с официального сайта <<http://www.denwer.ru/>> предварительно зарегистрировавшись. Сама установка дистрибутива занимает не больше минуты. После этого нужно установить Joomla на Локальный сервер Денвер.



В первую очередь сайт должен нести в себе информацию, актуальную его тематике. Так как сайт разрабатывается для подготовки выпускников к экзаменам, он должен содержать новости, пробные, варианты, обучающие видео-уроки.

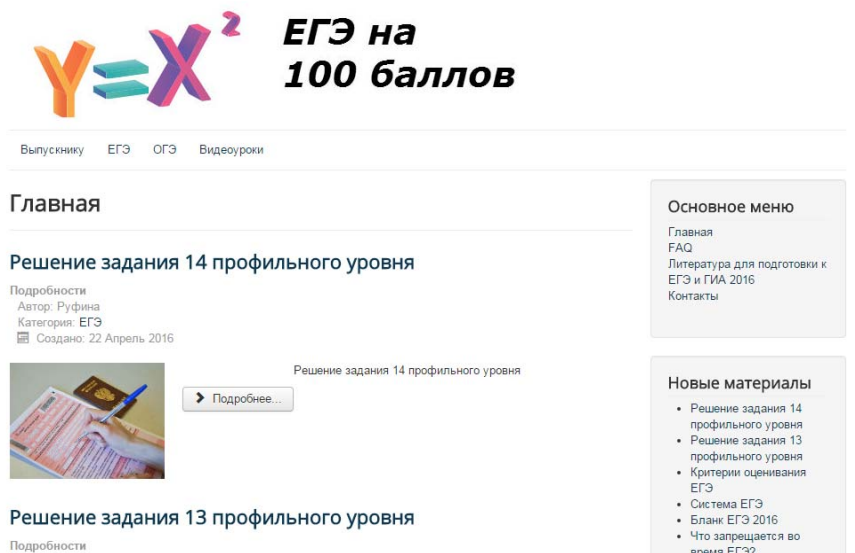


Рис.1. – Главная страница.

В пункте EGЭ размещены варианты EGЭ, задания по темам и шпаргалки.

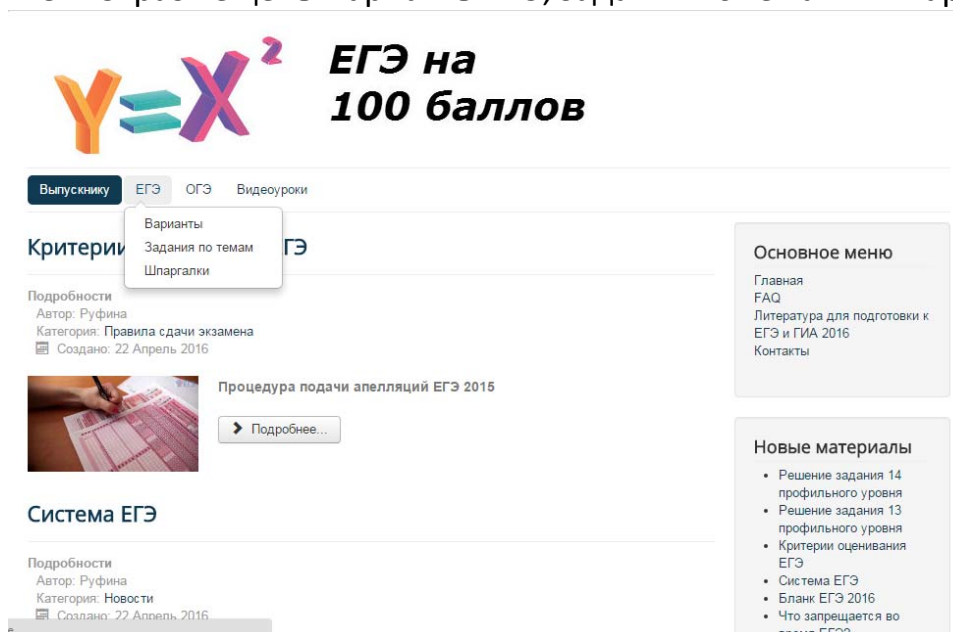


Рис.2. – EGЭ.

В данной работе спроектирован и реализован информационный сайт для подготовки к выпускным экзаменам с удобным интерфейсом, позволяющий легко просматривать информацию о пробных заданиях, произво-

дить поиск по определенным темам, рассматривать различные тренировочные варианты, список формул необходимых для сдачи экзамена, а также смотреть и скачивать видеоуроки для изучения той или иной темы.

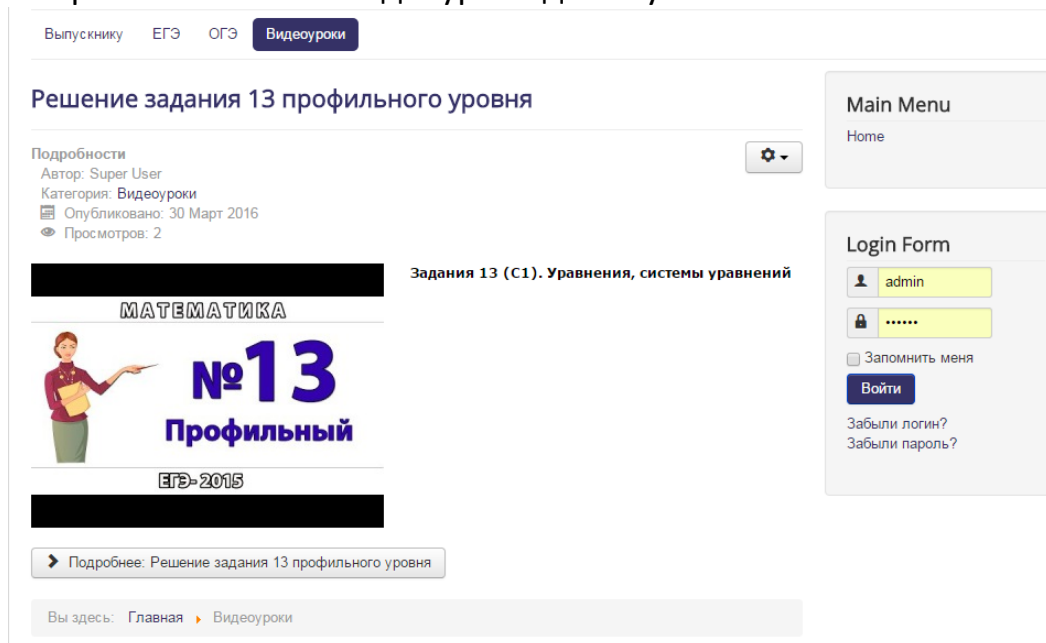


Рис.3. – Вкладка видеоуроки

В пункте Контакт размещена вся контактная информация о создателе, а также форма обратной связи.

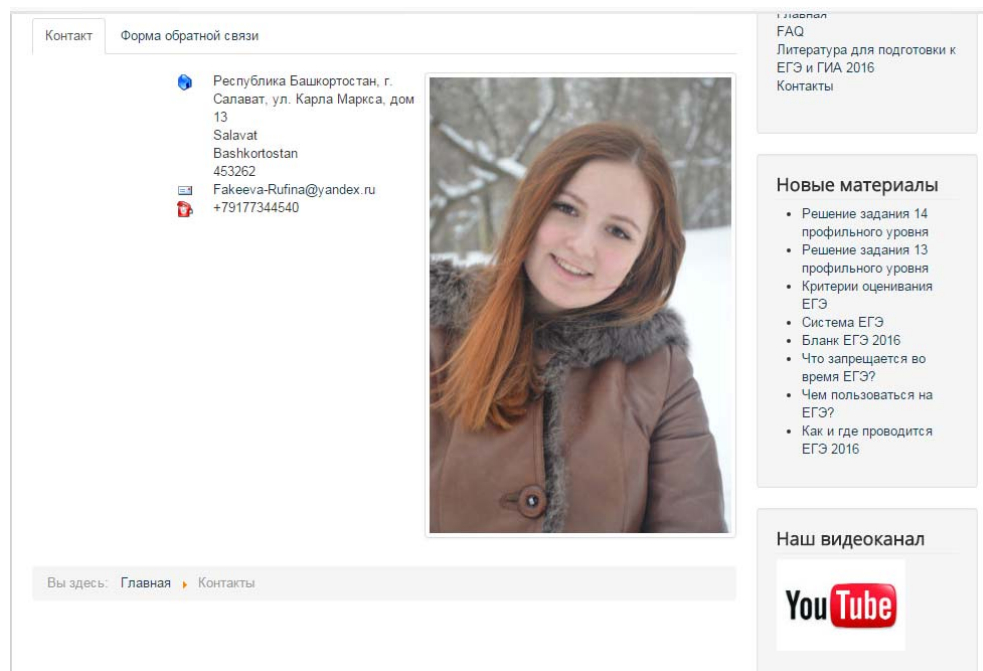


Рис.4. – Контакт

На главной странице отображены дополнительные ссылки на канал на YouTube, группу Вконтакте, а также добавлена реклама.

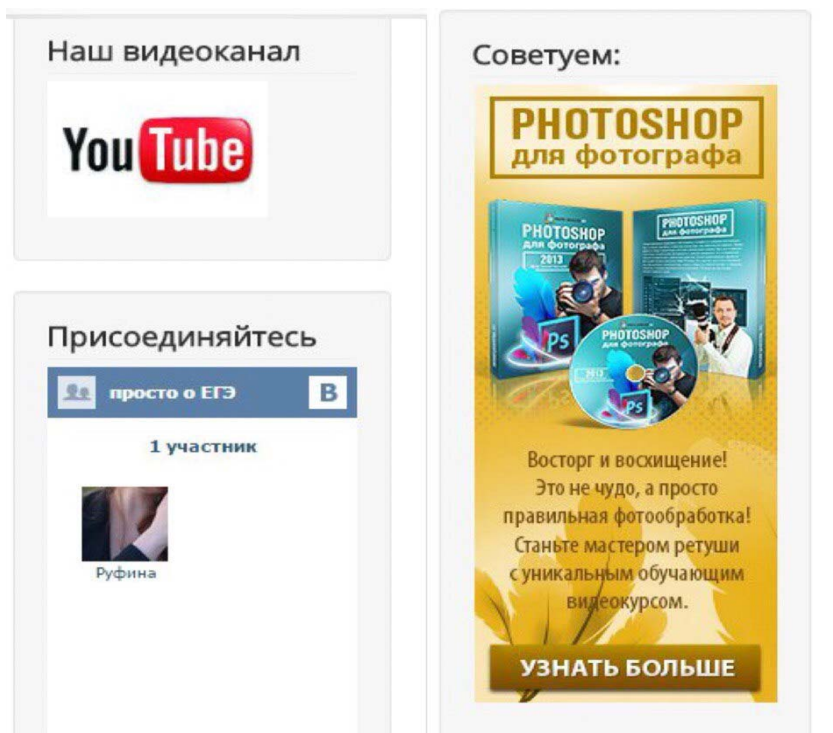


Рис.5. – Дополнительные ссылки

В разделе Ответы на частые вопросы размещены ответы на самые актуальные вопросы.



Рис.6. – FAQ

В результате выполнения данной работы были решены следующие задачи:

- Изучены виды и классификация информационных ресурсов;

- Проведен сбор информации по сдаче государственного экзамена и исходя из этих сведений, созданы видеопособия для самостоятельного изучения;
- Изучены программные продукты, такие как Denwer, Joomla, с помощью которых создаются Web-сайты;
- Изучены инструменты создания Web-сайтов;
- Построена структура сайта, по которой он и был создан;
- Реализована возможность готовиться к экзаменам не выходя из дома;

**Вывод.** Хотелось бы отметить, что вне зависимости от технологий создания сайта, общие правила для него всегда одинаковы. Сайт должен быть удобным, функциональным, красиво оформлен. А информация на сайте должна в свою очередь быть легко доступной для пользователя.

С помощью сайта учителя и учащиеся могут рассматривать пробные варианты заданий, формулы для подготовки, видеоуроки.

При разработке сайта были проанализированы современные web-технологии, позволяющие создавать интерактивные web-страницы. Наиболее подходящим для выполнения поставленной задачи оказался пакет Joomla версии 3.5.0.

Разработанный сайт внедрен в глобальную сеть Интернет.

*Работа выполнена под научным руководством к.ф.-м.н., доц. Акимова А.А.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хусаинова Г.Я.. Разработка автоматизированного рабочего места менеджера по продаже автомобилей/ Г.Я. Хусаинова, И.Г. Хусаинов // *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире.* –2014. –Т. 1. –№ 7. – С. 126-128
2. Акимов А.А. Электронное учебное пособие «Информационные технологии в решении экономических задач»/ А.А. Акимов, Г.Р. Галиаскарова, Р.Г. Идрисов // *Хроники объединенного фонда электронных ресурсов Наука и образование.* – 2014. – №10(65). – С. 30.

УДК 681.518

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЬЮ ПОСТАВОК

С.Л. Беляков<sup>1</sup>, М.Н. Савельева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доктор технических наук, профессор кафедры информационно-аналитических систем безопасности, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», г. Таганрог, Россия, e-mail: [beliacov@yandex.ru](mailto:beliacov@yandex.ru)

<sup>2</sup> кандидат технических наук, ассистент кафедры информационных измерительных технологий и систем, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», г. Таганрог, Россия, e-mail: [marina.n.savelyeva@gmail.com](mailto:marina.n.savelyeva@gmail.com)

**Аннотация.** В работе приведено теоретическое описание информационного моделирования для управления цепями поставок. Выявлены существующие проблемы при моделировании процессов управления цепями поставок. В следствие чего разработана модель, учитывающая динамику и изменчивость внешнего мира, а именно, динамическая геоинформационная модель для управления цепью поставок. Также разработано ее математическое описание.

**Ключевые слова:** информационное моделирование, динамическая геоинформационная модель, управление цепью поставок, логистическая сеть.

## DYNAMIC GEOINFORMATION MODEL FOR SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Stanislav Belyakov<sup>1</sup>, Marina Savelyeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD, Professor of Information Security System Department, Southern Federal University, Taganrog, Russia, e-mail: [beliacov@yandex.ru](mailto:beliacov@yandex.ru)

<sup>2</sup>PhD in Technical Sciences, Assistant of Information Measuring Technology and System Department, Southern Federal University, Taganrog, Russia, e-mail: [marina.n.savelyeva@gmail.com](mailto:marina.n.savelyeva@gmail.com)

**Abstract.** In this paper we present a theoretical description of information modeling for supply chain management. We have identified the existing problems in the process modeling of supply chain management. In consequence of that was developed a model that takes into account the dynamics and variability of the outside world, namely, dynamic geoinformation model for supply chain management. It was developed a mathematical description.

**Keywords:** information modeling, dynamic geoinformation model, supply chain management, logistics network.

**Введение.** Цепи поставок широко используются для организации и управления производством [1,2]. Управление цепью поставок требует информационного моделирования процессов и объектов различных уровней [3]. Управление цепью поставок входит в разряд сложных систем, включающие множество различных факторов. Причем в условиях современной действительности необходимо учитывать неточность и неопределенность параметров, входящих в систему, а также изменчивость этих параметров во времени. Поэтому необходимо провести информационное моделирование подобного рода систем.

**Целью исследования** является выявление проблем при управлении цепью поставок, представление информационной модели для управления цепью поставок и проведение анализа предложенной модели.



**Материал и результаты исследований.** Информационное моделирование цепей поставок ставит своей целью информационную поддержку процесса принятия решения [4,5]. На рисунке 1 показана схема управления цепью поставок. Объект управления – цепь поставок – подвержен воздействию внешней среды, реализуя при этом заданные (плановые) параметры проекта. Состояние цепи поставок определяется потоками (материальными и финансовыми) и событиями, отражающими логистический процесс [6,7]. Информационная модель цепи поставок:

- воспроизводит поведение цепи поставок, предоставляя информацию о состоянии объекта в любой момент времени;
- генерирует адекватное представление информации для принятия решений;
- вырабатывает оптимальные стратегии поведения цепей поставок в заданных условиях.

Последняя функция информационной модели цепей поставок чрезвычайно важна при разработке, реализации и динамике внешней среды. Математическое, натурное, имитационное моделирование в этом случае сталкивается с объективными трудностями. Информационные модели, комбинируя упомянутые подходы, дают рациональные решения за счет применения интеллектуальных методов обработки информации.

В результате проведенного анализа [1-7] было выделено 5 классов информационных моделей для управления цепями поставок:

1. Информационные модели простейших цепей поставок;
2. Информационные модели цепей поставок с временным планированием;
3. Информационные модели цепей поставок с контролем воздействия внешней среды;
4. Информационные модели цепей поставок, содержащие геоинформационную модель.

Результаты исследования показали, что остаются малоизученными принципы построения геоинформационных моделей, которые изменяют свои параметры во времени, а именно динамические геоинформационные модели. В частности, требуют анализа вопросы моделирования оптимальных стратегий перемещения потоков и использования опыта принятия решения в геоинформационной модели, зависящей от времени.

Схема информационных моделей цепей поставок, включающая в себя динамическую геоинформационную модель, показана на рисунке 2. Ее включение в состав системы дает следующие преимущества:

- возрастает объем информации о внешнем мире, полезной для принятия решения;

- возникает возможность оперировать разнородной информацией, ссылки на которую содержит геоинформационная модель;
- растет достоверность принятия решений при недостатке информации за счет использования опыта наблюдения внешнего мира.

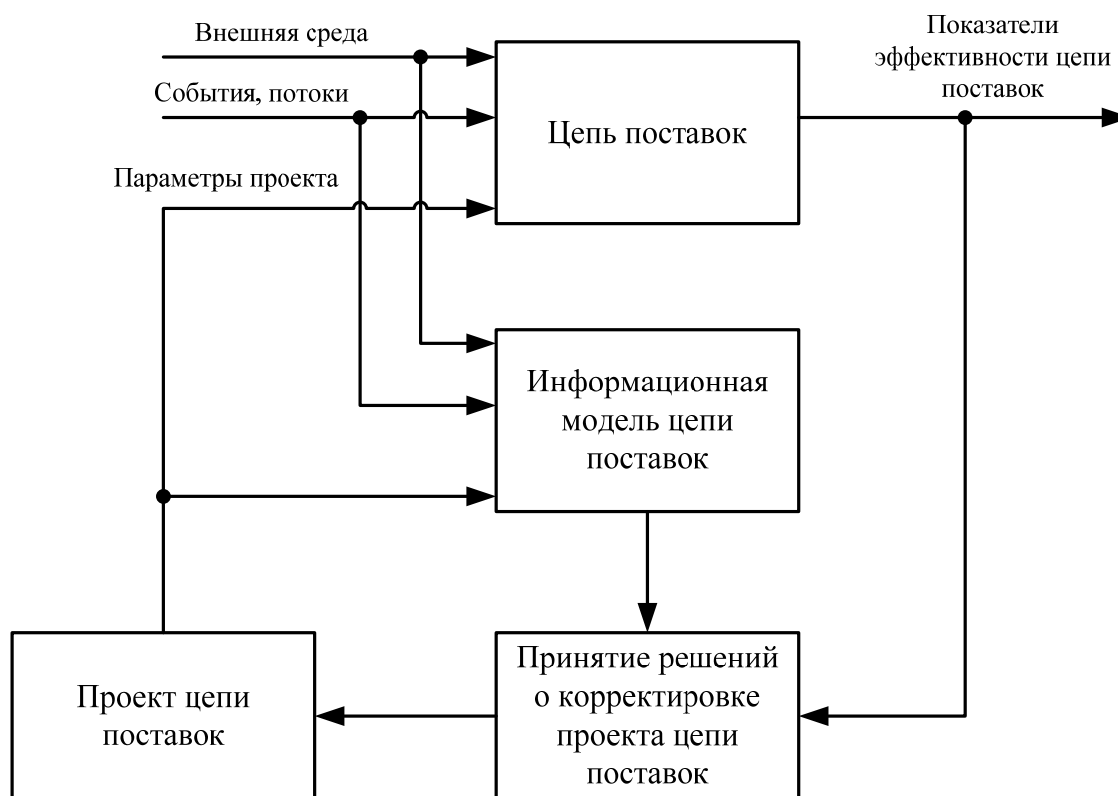


Рисунок 1 – Схема управления цепью поставок

Одним из основных компонентов модели прогнозирования стратегий поведения цепей поставок является модель управления потоками с временной зависимостью. Наличие этого компонента во многом определяет эффективность всей цепи поставок. В связи с этим необходимо разработать динамическую геоинформационную модель, содержащую описанные выше элементы.

Математическое описание элементов динамической геоинформационной модели позволит увидеть основные структурные элементы и описать связи и поведение внутри разрабатываемой модели.

**Геоинформационная модель** в управлении цепями поставок – это информационная модель картографического представления компонентов и связей в цепи поставок.

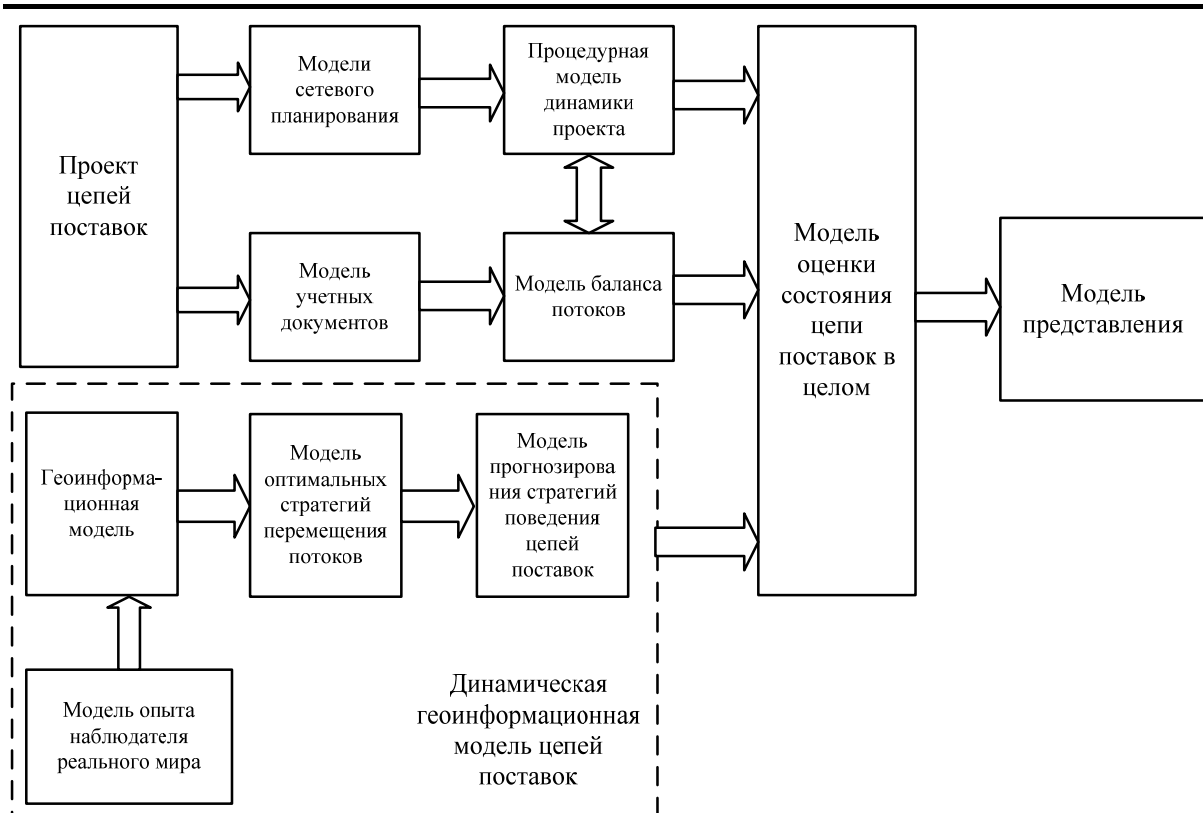


Рисунок 2 – Информационные модели цепей поставок, включающие динамическую геоинформационную модель

Динамическая геоинформационная модель создается для информационной поддержки процессов управления цепями поставок. Модель описывает информационный объект, позволяющий решать задачи анализа и синтеза цепей поставок. Модель включает в себя четыре элемента:

$$W_D = \langle M, \Omega, R, Q \rangle, \text{ где} \quad (1)$$

$M$  – представление цепи поставок в виде логистической сети,

$\Omega$  – множество картографических объектов и пространственных отношений картографической базы данных геоинформационной системы,

$R$  – привязка логистической сети к картографической основе, т.е.

$$M \times \Omega \rightarrow R, \quad (2)$$

$Q = \{Q_P, Q_T, Q_R, Q_M\}$  – набор процедур оценки показателей качества цепи поставки. Здесь

$Q_P$  – затраты на выполнение запланированных поставок;

$Q_T$  – время необходимое для выполнения запланированных поставок;

$Q_R$  – риск выполнения запланированных поставок;

$Q_M$  – затраты на модификацию цепи поставок из-за изменения внешних условий.

Все перечисленные процедуры функционально зависят от параметров картографических объектов и отношений. Параметры любого объекта или отношения зависят от времени и делятся на три группы:

$$\omega_i(\bar{X}(t), \bar{T}, \bar{A}(t)) \in \Omega, i = \overline{1, n} \quad (3)$$

где  $\omega_i$  – картографический объект или отношение;

$\bar{X}(t)$  – параметры пространственной привязки,

$\bar{T}$  – параметры временной привязки,

$\bar{A}(t)$  – семантические атрибуты.

Таким образом,

$$Q = F(\bar{X}(t), \bar{T}, \bar{A}(t)). \quad (4)$$

Данное выражение определяет полноту предлагаемой модели. Полнота рассматривается как возможность моделировать четыре практически необходимые ситуации управления цепью поставок:

1) обеспечить минимум затрат на поставку в заданные сроки ( $Q_T^*$ ), требуемом уровне риска ( $Q_R^*$ ) и ограничении возможных потерь ( $Q_M^*$ )

$$Q_P \rightarrow \min \quad (5)$$

$$Q_T < Q_T^*, Q_R < Q_R^*, Q_M < Q_M^*$$

2) добиться оперативной работы цепи поставок, имея ограниченный объем ресурсов ( $Q_P^*$ ), соблюдая ограничения риска ( $Q_R^*$ ) и возможных потерь ( $Q_M^*$ )

$$Q_T \rightarrow \min \quad (6)$$

$$Q_P < Q_P^*, Q_R < Q_R^*, Q_M < Q_M^*$$

3) реализовать надежную цепь поставок при ограниченных ресурсах, в заданные сроки и возможных потерях:

$$Q_R \rightarrow \min \quad (7)$$

$$Q_P < Q_P^*, Q_T < Q_T^*, Q_M < Q_M^*$$

4) придать цепи поставок устойчивость при имеющихся ресурсах, заданном уровне риска и временных рамках поставки:

$$Q_M \rightarrow \min \quad (8)$$

$$Q_P < Q_P^*, Q_T < Q_T^*, Q_R < Q_R^*$$

Логистическую сеть, представляющую цепь поставки, предлагается описывать следующим образом:

$$M = \langle A, B, \Lambda, \Gamma, T \rangle, \text{ где} \quad (9)$$

$A = \{A_i, \Lambda^i, O_i, \tau_i^A\}, i = \overline{1, n}$  – это множество узлов (вершин) преобразования материального потока, в которых выполняются разнообразные логистические операции и без совершения которых невозможна транспортировка.

$\{A_i\}, i = \overline{1, n}$ , - узел преобразования материального потока.

$\Lambda^i = \{\Lambda_j^i\} \neq \emptyset, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$  – подмножество логистических операций, совершаемых в узле преобразования материального потока  $A_i$  (возможно присутствие нескольких логистических операций в одном узле преобразования материального потока). В каждом узле преобразования материального потока существует хотя бы одна логистическая операция. Одна и та же логистическая операция может выполняться несколько раз в узле преобразования материального потока.

$$\Lambda_j^i = \Lambda_{j+1}^i \quad (10)$$

$\{\Lambda^i\} \subset \Lambda$  – подмножество логистических операций, совершаемых в узле преобразования материального потока всегда входит в множество логистических операций.

$\{O_i\}, \overline{1, n}$  – свойства материального потока в узле  $A_i$ , которые изменяются после выполнения операций.

$\{\tau_i^A\}, i = \overline{1, n}$  – общее время необходимое для выполнения всего подмножества логистических операций в узле  $A_i$ .

$B = \{B_{uv}, P_{uv}, \Pi_{uv}, \tau_{uv}^R\}, u = \overline{1, n}, v = \overline{1, n}$  – множество связей (дуг) между узлами преобразования материального потока. Каждая из связей представляет собой участок транспортной сети. Участок может быть самостоятельной сетью. На участке реализован какой-либо алгоритм маршрутизации. Алгоритм может не совпадать с алгоритмом, применяемым для всей сети.

$\{B_{uv}\}, u = \overline{1, n}, v = \overline{1, n}$  – дуга между узлами преобразования материального потока, где  $u, v$  – концевые узлы дуги из множества  $\{A_i\}$ , концевые узлы дуги не могут совпадать.

$$u = A_u, v = A_v; A_u, A_v \in A_i; A_u \neq A_v. \quad (11)$$

$\{P_{uv}\}, u = \overline{1, n}, v = \overline{1, n}$  – расстояние между узлами преобразования материального потока.

$\{\Pi_{uv}\}, u = \overline{1, n}, v = \overline{1, n}$  – пропускная способность сети между узлами преобразования материального потока.

$\{\tau_{uv}^R\}, u = \overline{1, n}, v = \overline{1, n}$  – время, затрачиваемое для прохождения по дуге  $B_{uv}$ .

$\Lambda = \{\Lambda_j\}, j = \overline{1, m}$  – множество логистических операций, используемых в динамической геоинформационной модели управления цепями поставок.

$T = \{T_k\}, k = \overline{0, l}$  – интервалы постоянства весов дуг.

$$T_k \cap T_{k+1} = \emptyset, k = \overline{0, l-1} \quad (12)$$

$\Gamma = \{\Gamma^s, \tilde{\Gamma}^t\}$  – множество пространственных объектов геоинформационной модели.

$\{\Gamma^s\}$  – подмножество статических пространственных объектов, не зависящие от времени.

$\{\tilde{\Gamma}^t\}$  – подмножество динамических пространственных объектов, т.е. объектов, изменяющих свои атрибуты со временем.

$$\Gamma^s \cap \tilde{\Gamma}^t = \emptyset \quad (13)$$

Статические объекты не переходят в множество динамических объектов.

Анализируя предложенную модель, необходимо отметить следующее:



1) информационные компоненты модели  $M, \Omega$  и  $R$  определяют сложность реализации геоинформационных систем для конкретных цепей поставки. Указанные компоненты отображают темпоральные зависимости логистических операций от внешней среды. Степень неполноты и неопределенности значений параметров напрямую определяет качество результата геоинформационного моделирования;

2) процедурный компонент модели  $Q$  ориентирован на оценку параметров сетевой структуры, которая возникает в процессе привязки компонента  $M$  к карте  $\Omega$ ;

3) процедуры компонента  $Q$  сводятся к решению задачи маршрутизации в темпоральных сетях, поскольку компонент  $M$  описывает перемещение единичных материальных объектов или материальных потоков;

4) процедуры компонента  $Q$  компенсируют неполноту, неопределенность и неточность описания параметров элементов  $M, \Omega$  и  $R$ , которая существует в реальных условиях эксплуатации цепей поставки.

**Вывод.** Представленная обобщенная структурная схема для управления цепями поставок и проведенный анализ в этой предметной области показал, что для информационной поддержки принятия решения необходимо использование геоинформационных моделей. Применение подобного рода моделей позволит повысить достоверность информационной базы принятия решений. Учитывая изменчивость реального мира адекватным способом является использование динамической геоинформационной модели для управления цепью поставок. Модель описывает картографическое представление цепи поставок, включая в себя сеть логистических операций. Отличительной особенностью модели является учет динамики изменения внешней среды и операций логистической сети. Использование модели позволит повысить качество принимаемых с помощью геоинформационных систем решений.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №14-01-00032, 15-07-00185*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Король, А.Н. Управление цепями поставок / А.Н. Король // Известия ИГЭА. – 2008. – №6 (62). – С. 86-89.
2. Бауэрсокс, Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д.Дж. Бауэрсокс. - М.: Олимп-Бизнес, 2008. - 450 с
3. Иванов, Д. А. Управление цепями поставок / Д.А. Иванов. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. - 660 с.
4. Бочкарев, А.А. Планирование и моделирование цепи поставок: Учебно-практическое пособие / А.А. Бочкарев – М.: Альфа-пресс. – 2008.

5. Schroeder, R. G. Operations Management in the Supply Chain: Decisions and Cases / R. G. Schroeder, S. M. Goldstein, M. J. Rungtusanatham – Irwin: McGraw-Hill, 2013.

6. Кравченко, В.Н. Моделирование процессов взаимодействия предприятия в цепи поставок/ В.Н. Кравченко //Новое в экономической кибернетике. –Донецк: ДонНУ. – 2008. – №. 2. – С. 62-71.

7. Демченко А.И. Процессно-ориентированные подходы к проектированию и моделированию логистических цепей [Текст] // Вестник Южно-уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2014. - Т.8 (4): 169-178.

УДК 004.42

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ РАСПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПРИГОРОДНЫМ ВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ

**А.Р. Гибадуллин**

студент 4-го курса кафедры автоматизированной системы обработки информации и управления, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Российская Федерация, e-mail: [gibadullin.albert@gmail.com](mailto:gibadullin.albert@gmail.com)

**Аннотация.** В данной работе представлена методология функционального моделирования и графическая нотация, предназначенная для формирования и описания автоматизированной информационной системы разработки расписания движения пригородного водного транспорта.

**Ключевые слова:** автоматизированная информационная система, пригородный водный транспорт, расписание движения.

## THE AUTOMATED SYSTEM DEVELOPMENT SCHEDULE OF LOCAL WATERWAYS

**Albert Gibadullin**

Student, department of automated systems of information processing and management, Kazan National Research Technical University A. Tupolev - KAI, Kazan, Russian Federation, e-mail: [gibadullin.albert@gmail.com](mailto:gibadullin.albert@gmail.com)

**Abstract.** This paper presents a methodology for functional modeling and graphical notation for forming and descriptions of automated information system - bath development Schedule of local waterways.

**Keywords:** automated information system, the suburban water transport timetables.

**Введение.** Сегодня пассажирские суда преимущественно используются для перевозки туристов и пассажиров в труднодоступные районы, что особенно подчеркивает значение речного транспорта в транспортной системе.

Конечно, существуют и другие альтернативные виды транспорта, такие как автомобиль, электрички, автобусы и другие. Именно такие виды транспорта составляют высокую конкуренцию речным судам из-за большой скорости движения. Это одна из причин возможной непопулярности данного вида транспорта. Другой причиной может служить неудобное расписание судов для пассажиров.

В данной работе осуществляется поиск путей оптимизации работы предприятия по перевозке пассажиров речного порта на водном транспорте на малые расстояния за счет введения автоматизированной системы разработки расписания движения пригородного водного транспорта. Данная система разрабатывается экономистами, логистами, а в завершении подписывается руководством.

**Цель работы.** Целью разработанной автоматизированной системы является повышение прибыли за счет совершенствования расписания.

Использование предлагаемой автоматизированной системы позволит решить следующие задачи:

- 1) выявление наиболее оптимального вида транспорта для каждого рейса в зависимости от пассажиропотока;
- 2) определение количество рейсов в зависимости от спроса;
- 3) прогнозирование объема реализации билетов с учетом сезонности;
- 4) разработка наиболее эффективного расписания;
- 5) формирование стоимости перевозки.

**Материал и результаты исследований.** Для повышения прибыли за счет совершенствования расписания необходимо решить следующие задачи:

- прогнозирование объема реализации билетов с учетом сезонности;
- выбор транспорта;
- определение количества рейсов;
- формирование стоимости перевозки;
- разработка расписания.

В разделе описываются основные функции организации и показатели эффективности ее деятельности до внедрения информационной системы [1-4].

1. Название диаграммы А-0 «Управление пригородным водным транспортом».

2. Внешние связи организации.

2.1. Входящая информация: не перевезённые пассажиры, пассажиропоток, прейскурант, эксплуатационные затраты, направление движения, количество транспортного средства, время года, день недели, время суток.

2.2. Выходящая информация: перевезенные пассажиры, расписание, бухгалтерский баланс.

2.3. Нормативно — справочная информация: нормативы по предоставлению скидок, нормативы технической эксплуатации, техническая характеристика транспортного средства, техническая характеристика пункта маршрута, маршрут движения (карта), должностная инструкция.

3. Процессы, процедуры, связи между процессами и процедурами: при получении информации о пассажиропотоке, технической документации транспорта, маршрутного расписания и стоимости проезда формируется расписание.

По данным, полученным о расписании, производится подготовка транспортного средства к отплытию в рейс.

В случае неисправности транспортного средства, формируется акт выявления неисправности судна, который направляется логистам для выбора другого транспортного средства и корректировки расписания.

Иначе, производится погрузка пассажиров и багажа на судно и осуществляется перевозка их к месту назначения согласно сформированного расписания.

4. Оборудование, инструменты, программы: судна.

5. Персонал, лица принимающие решения: логисты, судовые команды, технический персонал по обслуживанию судов, экономисты, руководитель.

На рис. 1 представлена диаграмма A-0 процесса управления пригородным водным транспортом.

На рис. 2 представлена диаграмма A1 процесса управления транспортом. При получении расписания происходит причаливание судна к причалу речного порта. Технический персонал производит обслуживание и проверку транспортного средства.

В случае неисправности транспортного средства, формируется акт выявления неисправности судна, который направляется логистам для выбора другого транспортного средства и корректировки расписания.

Иначе формируется свидетельство о годности судна к плаванию, судовые команды производят погрузку пассажиров и их багажа и осуществляется отправка в рейс. По прибытию к месту назначения производится разгрузка судна.

1. Название диаграммы A1 «Управление транспортом».

2. Внешние связи организации.

2.1. Входящая информация: не перевезённые пассажиры, расписание.

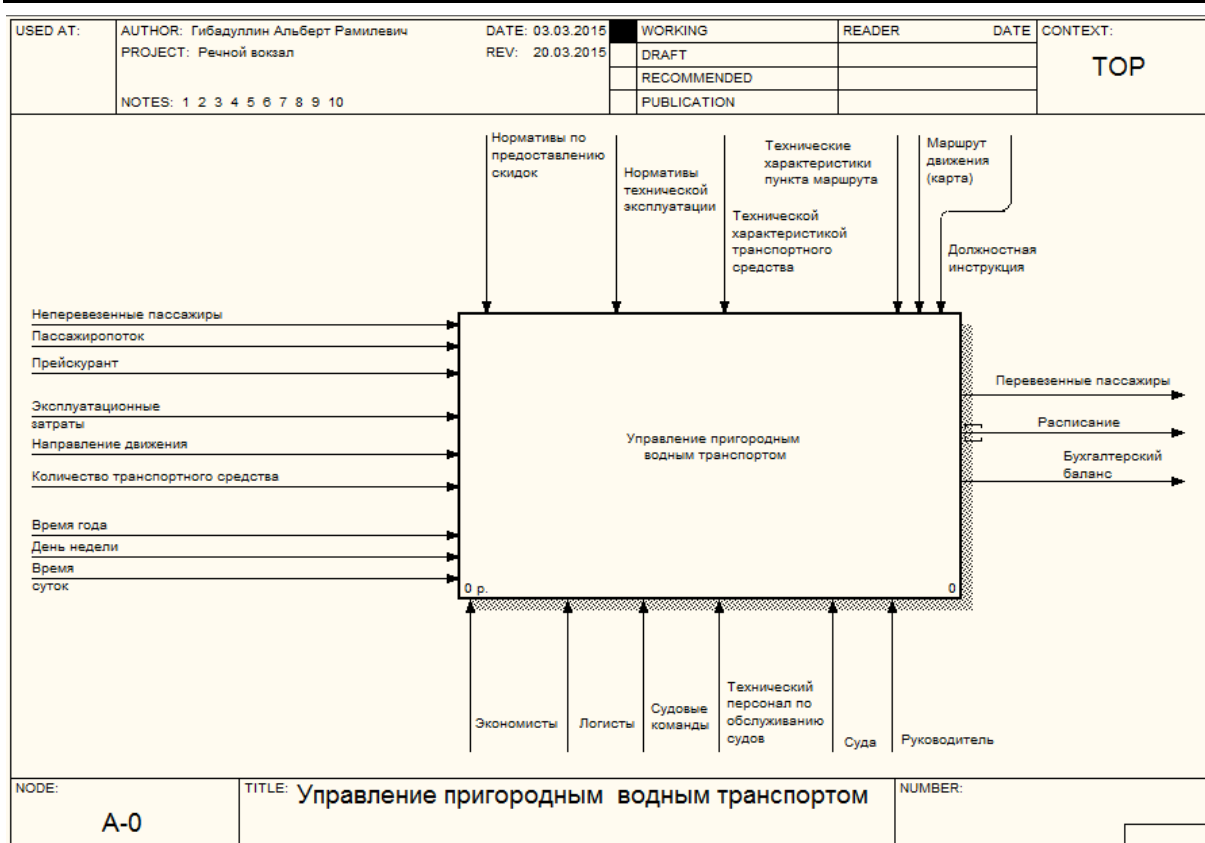


Рисунок 1 – Диаграмма A-0 процесса управления пригородным водным транспортом.

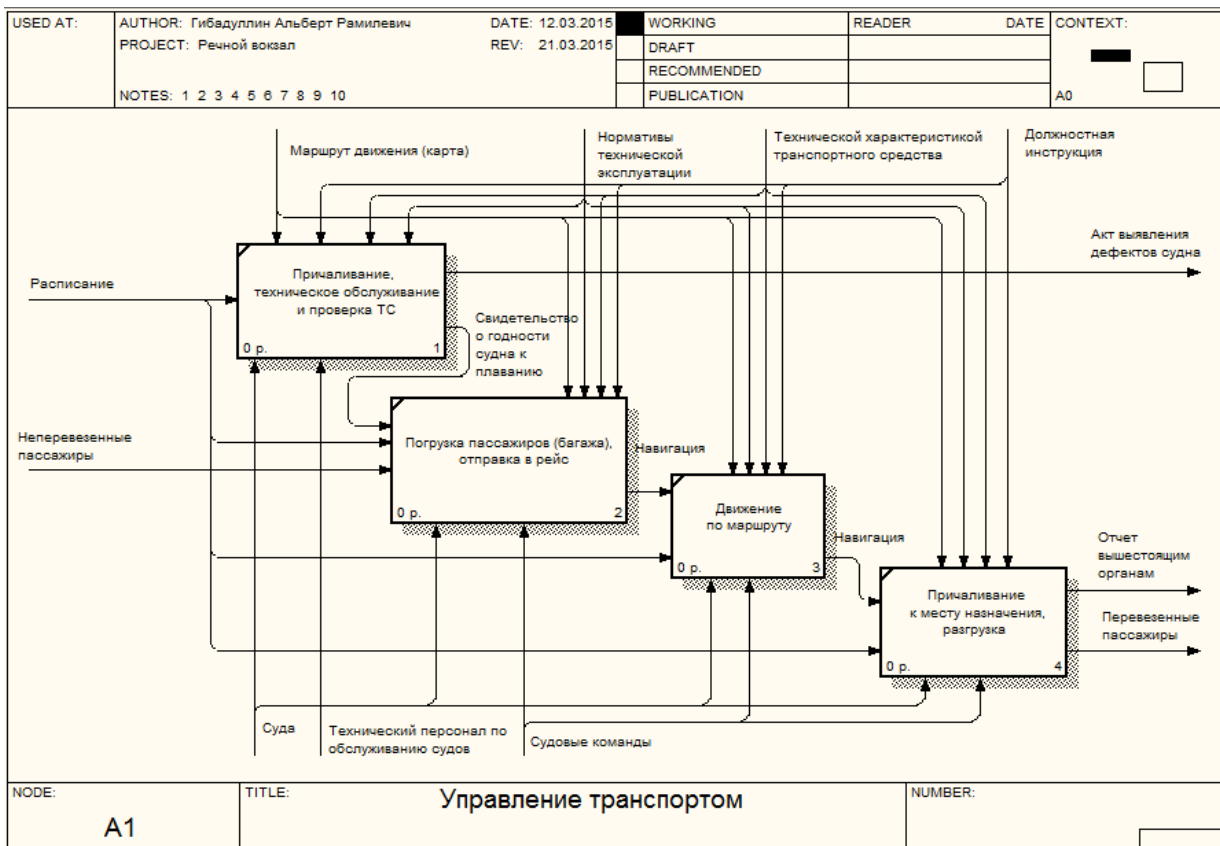


Рисунок 2 – Диаграмма A1 процесса управления транспортом.



2.2. Выходящая информация: перевезенные пассажиры, акт выявления дефектов судна, отчет вышестоящим органам.

2.3. Нормативно — справочная информация: нормативы технической эксплуатации, техническая характеристика транспортного средства, маршрут движения (карта), должностная инструкция.

3. Процессы, процедуры, связи между процессами и процедурами: свидетельство о годности судна к плаванию, навигация.

4. Оборудование, инструменты, программы: судна.

5. Персонал, лица принимающие решения: судовые команды, технический персонал по обслуживанию судов.

На рис. 3 представлена диаграмма A2 процесса разработки расписания.

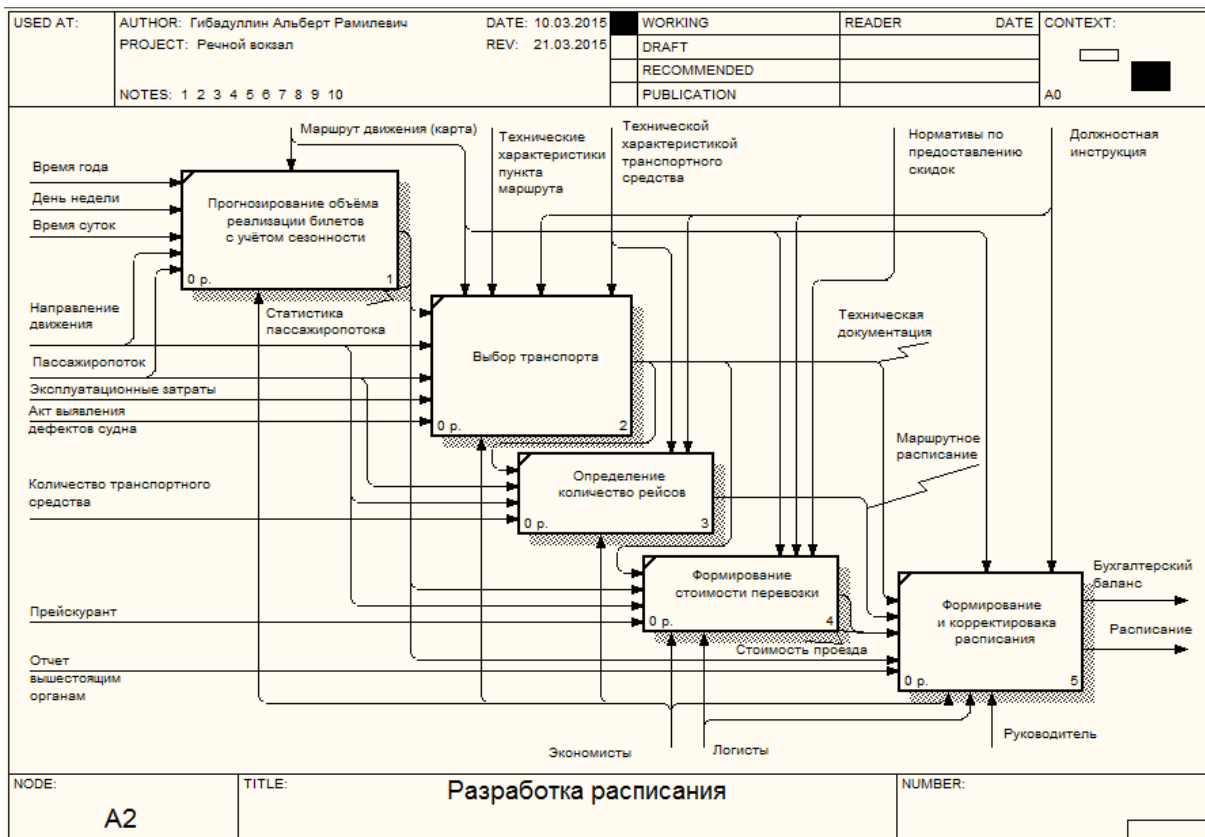


Рисунок 3 – Диаграмма A2 процесса разработки расписания.

На данном этапе происходит формирование расписания. Экономисты на основании прогноза объема реализации билетов формируют статистику пассажиропотока.

Основываясь на этом, логисты осуществляют выбор транспорта и определяют количество рейсов по данному маршруту, формируется техническая документация и маршрутное расписание.

После выбора транспорта, экономисты устанавливают стоимость проезда по заданному маршруту.

В результате получения всех документов: статистики пассажиропотока, технической документации, маршрутного расписания, стоимости проезда – производится формирование расписания.

1. Название диаграммы А2 «Разработка расписания».
2. Внешние связи организации.
  - 2.1. Входящая информация: пассажиропоток, эксплуатационные затраты, направление движения, количество транспортного средства, время года, день недели, время суток, корректировка расписания, прејскурант, отчет вышестоящим органам.
  - 2.2. Выходящая информация: расписание, бухгалтерский баланс.
  - 2.3. Нормативно — справочная информация: нормативы по предоставлению скидок, техническая характеристика транспортного средства, техническая характеристика пункта маршрута, маршрут движения (карта), должностная инструкция.
3. Процессы, процедуры, связи между процессами и процедурами: статистика пассажиропотока, техническая документация, маршрутное расписание, стоимость проезда.
4. Оборудование, инструменты, программы: отсутствуют.
5. Персонал, лица принимающие решения: логисты, экономисты, руководитель.

**Вывод.** Была разработана автоматизированная информационная система разработки расписания движения пригородным водным транспортом. В результате применения разработанной автоматизированной системы, предприятию удастся извлечь максимальную прибыль без существенных затрат посредством регулирования пассажиропотока с использованием предлагаемого расписания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Суздальцев В.А., Осипова А.Л., Зарайский С.А., Проектирование информационных систем. Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2007. – 86 с.
2. Ризаев И.С., Теория принятия решений. Учебное пособие. – Казань, Изд-во «Мастер Лайн», 2014. – 132 с.
3. Ризаев И.С., Яхина З.Т. Базы данных/Лабораторный практикум. – К., «Мастер Лайн», 2003.
4. Суздальцев В.А., Осипова А.Л., Зарайский С.А., Основы проектирования автоматизированных систем. Учебное пособие по курсовому проектированию. Казань, 2013. – 103 с.

УДК 681.3.06

**ИНТЕРНЕТ-СЕРВИС ОЦЕНКИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ СОБЫТИЙ****В.А. Горбатко<sup>1</sup>, С.Л. Беляков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>студент, Южный федеральный университет, г. Таганрог, Россия, e-mail: [mediumforse@ya.ru](mailto:mediumforse@ya.ru)

<sup>2</sup>доктор технических наук, профессор кафедры информационно-аналитических систем безопасности, Южный федеральный университет, г. Таганрог, Россия, e-mail: [beliacov@yandex.ru](mailto:beliacov@yandex.ru)

**Аннотация.** В работе рассматривается задача определения местоположения объектов и событий, относящихся к поставленной задаче принятия решения. Сформулирована задача максимизации полезности картографического представления результатов поиска. Приведена архитектура интернет-сервиса для оценки местоположения событий. Указаны достоинства и недостатки методов определения местоположения событий с использованием источников информации, методов геокодирования и классификатора событий.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, интернет-сервис, геокодирование, поиск местоположения, принятие решений.

**THE INTERNET SERVICE FOR THE ASSESSMENT OF THE EVENTS LOCATION****Vladislav Gorbatko<sup>1</sup>, Stanislav Belyakov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Students, Southern Federal University, Taganrog, Russia, e-mail: [mediumforse@ya.ru](mailto:mediumforse@ya.ru)

<sup>2</sup>Ph.D., Professor of Information and Analytical Systems Security Department, Southern Federal University, Taganrog, Russia, e-mail: [beliacov@yandex.ru](mailto:beliacov@yandex.ru)

**Abstract.** This paper considers the problem of determining the location of objects and events related to the task of decision-making. The problem of maximizing the usefulness of cartographic presentation of search results. The architecture of the Internet service for the assessment of the events location. Shown advantages and disadvantages of the event location determination methods, using information sources, geocoding methods and classifier of the events.

**Keywords:** geo-information systems, the internet service, geocoding, search for location, make decisions.

**Введение.** Принятие решений при информационной поддержке со стороны геоинформационных сервисов представляет несомненный практический интерес [1]. Пространственные, временные и семантические координаты событий, явлений и процессов реального мира дают целостное представление о предметах анализа в задачах, которые приходится решать в условиях неполноты, противоречивости и неоднозначности исходных

данных. Ситуационное управление как метод предусматривает построение ситуационной модели – совокупности существенно важных объектов и отношений между объектами, отражающими суть решаемой проблемы. Полнота и непротиворечивость модели определит достоверность принятых впоследствии решений. Под достоверностью понимается степень соответствия решения реальной ситуации внешнего мира. При недостаточной достоверности возникает ущерб, снизить величину которого можно лишь за счет информационного обогащения картины действительности, которая формируется геоинформационной системой или сервисом для принятия решений.

Картографирование внешнего мира по объективным причинам не выполняется в реальном масштабе времени. Это обусловлено особенностями картографического производства, необходимостью выполнения не автоматизируемых интеллектуальных процедур. По этой причине карты геоинформационных сервисов никогда не являются абсолютно достоверными. Однако, информационное наполнение сети Интернет гораздо динамичнее и может использоваться для актуализации карт при решении конкретных прикладных задач. Для этого необходим механизм оперативного поиска и отображения на картах данных, полученных из некартографических источников – тестов, гипертекстов, новостных лент, сообщений, и т.д.

Современные геоинформационные Интернет-сервисы (Яндекс, Google, 2ГИС, Sputnik и многие другие) уже давно строятся как «учитывающие местоположение». Это выражается в том, что предоставляемая клиенту сервиса информация локализуется рабочей областью карты. Рабочая область ограничена либо контекстом поиска, либо координатами местоположения мобильного устройства, использующего сервис. В любом случае база данных сервиса хранит тематические слои и карты с объектами, которые отображаются по прямому (например, «Показать аптеки») либо косвенному запросу (например, «Показать рядом»). Недостатком подобных сервисов является невозможность поиска событий, явлений и объектов заданной смысловой направленности в указанной рабочей области. Решение подобной задачи позволило бы поднять ситуационный анализ на качественно более высокий уровень.

**Цель работы.** Цель настоящей работы – анализ формальной модели и архитектуры Интернет-сервиса, предназначенного для поиска и оценки местоположения событий.

Рассмотрим задачу, решаемую Интернет-сервисом в общем виде. Обозначим через  $\Omega$  множество картографических объектов карты геосервиса, через  $S_{ext}$  – множество ссылок на внешние источники

информации в Интернет. Клиент сервиса создает в сеансе рабочую область  $R_W \subseteq \Omega$ , которая необходима для решения некоторой прикладной задачи. Сервис на основе анализа рабочей области отбирает полезные для решения задачи ссылки  $S_c \subseteq S_{ext}$  и отображает их в рабочей области, расширяя ее новыми картографическими объектами посредством процедуры картографирования  $H(S_c)$ . Картографирование должно быть выполнено так, чтобы максимизировать полезность полученной рабочей области:

$$\begin{cases} I(R_W') \rightarrow \max, \\ R_W' \subseteq \Omega, \\ R_W' = R_W \cup H(S_c), \\ S_c \subseteq S_{ext}. \end{cases} \quad (1)$$

**Анализ формальной постановки.** Задача (1) является формальной основой работы геосервиса оценки местоположения событий. Анализируя ее, необходимо отметить следующие особенности организации сервиса:

1) результатом работы сервиса является карта, на которой отображены полезные для решения задачи объекты. Функция полезности  $I(R_W')$  определяет то, как будут отображены объекты. Очевидно, что решающее значение придается не отдельным элементам рабочей области, а ее общей логичности и завершенности;

2) наличие процедуры картографирования  $H(S_c)$  указывает на необходимость решать задачу (1) с привлечением элементов машинного интеллекта [2,3]. Для адекватного картографического отображения должны использоваться знания о корректности отображения отдельных элементов, генерализации рабочей области карты в целом;

3) в процессе решения задачи сервис должен осуществлять поиск и анализ информационного содержания ссылок  $S_c \subseteq S_{ext}$ , оценивая их полезность. Процесс оценивания является двухшаговым: на первом шаге отбираются наиболее полезные ссылки, исходя из их отношения к решаемой задаче, на втором – с учетом возможностей картографирования информации в рабочей области.

**Описание архитектуры сервиса.** В предлагаемой модели интернет-геосервиса предполагается использовать два способа нахождения событий: «сверху вниз» и «снизу вверх». Последовательность операций для каждого из них приведена на рис. 1.



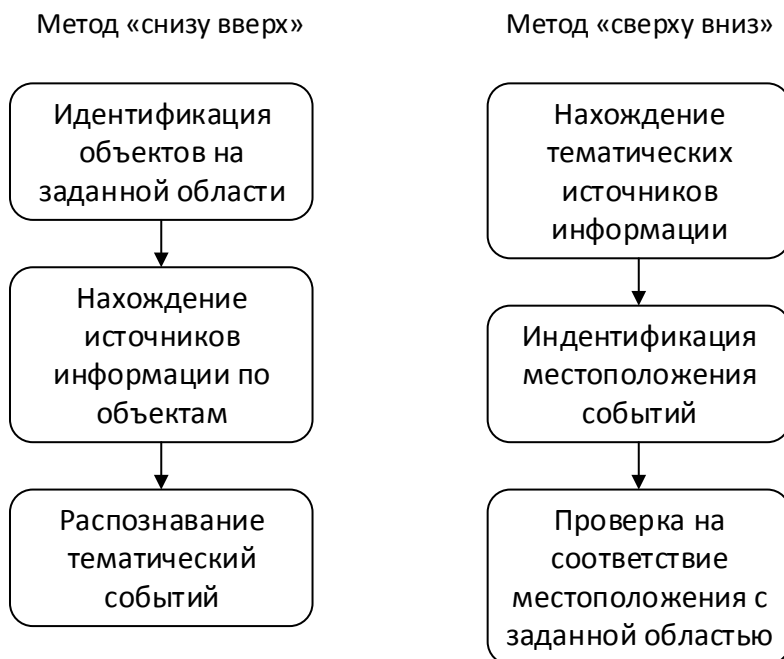


Рисунок 1 – Схема работы методов нахождения событий

Метод «снизу вверх» заключается в нахождении в заданной на карте области, всех объектов, где могут происходить события. После этого для найденных объектов производится поиск источников новостей откуда можно будет извлечь информацию о происходящих на объекте событиях. Среди найденных источников отбираются только те события, которые удовлетворяют заданной тематике. Эти события и можно будет считать конечным результатом работы этого метода.

Метод «сверху вниз» предполагает, что для заданной тематики производится поиск источников событий, из которых может быть извлечена информация о местоположении этих событий. Затем методами прямого геокодирования, соотносятся найденные события с искомой областью и, если их местоположения совпадают – то такие события и будут результатом работы этого метода.

Оба способа имеют свои достоинства и недостатки.

Для метода «снизу вверх» можно отметить следующие достоинства:

- 1) идентификация всех объектов в указанной области. Во время работы метода, перебираются все объекты расположенные на заданной области;
- 2) возможность поиска событий не только по области на карте, но и по отдельным объектам. Это связано с тем что сам поиск событий отталкивается от источников, связанных с отдельными объектами выбранной области на карте;

3) высокая точность определения местоположения событий. Источники событий из которых берутся сами события, изначально уже имеют какое-то местоположение, в процессе их анализа это местоположение уточняется что позволяет увеличить точность.

Среди его недостатков стоит выделить следующие:

1) требуется база данных объектов на карте. Для того чтобы узнать какие объекты присутствуют на заданной области требуется производить обратное геокодирование, перебирая координаты точек. Для снижения времени работы, следует использовать уже готовую карту объектов и дополнять ее в случае необходимости;

2) трудоемкий процесс обхода всех идентифицированных объектов в указанной области на карте. При обработке больших областей на карте время работы метода, резко возрастает. Это связано с поиском взаимосвязей между объектами и источниками информации.

Достоинствами метода «сверху вниз» являются следующие:

1) возможность структурировать особым образом данные, знания и источники информации. Например, данные для поиска могут быть представлены в виртуальных смысловых пространствах со специфическими измерениями и координатными единицами;

2) в отличие от метода «снизу вверх», область поиска не ограничена картографическим представлением объектов в заданной области;

3) ценные сведения могут быть получены из информационных источников, непрерывно накапливающих актуальные знания. Например, таковыми являются профессиональные сообщества социальных сетей.

Недостатками метода можно считать:

1) невысокую точность пространственной привязки результата поиска. Это объективно определяется недостатком информации о пространственных и временных координатах публикуемых в Интернет сведений;

2) игнорирование источников новостей для объектов в анализируемой области. Это связано с тем что поиск событий идет изначально не от объектов, а от источников, не связанных с ними;

3) результат сильно зависит от заданной области на карте. В случае задания области с малым количеством объектов следует использовать метод «снизу вверх».

Поскольку оба метода не являются идеальными, следует использовать их в совокупности, а не давать предпочтение лишь одному из них и реализовывать в системе только его.

В зависимости от входных данных система должна выбрать метод, которому будет отдано предпочтение. Для областей с малым количеством объектов рекомендуется использовать метод «снизу вверх». Для больших областей, следует применять оба метода.

Предлагаемая архитектура геоинформационного интернет-сервиса показана на рис. 2. Используя описанные выше методы нахождения событий, следует включить в архитектуру интернет-сервиса следующие модули:

- 1) математический модуль;
- 2) модуль геокодирования;
- 3) модуль нахождения источников информации;
- 4) модуль распознавания событий.

Математический модуль предназначен для обработки области на карте заданной пользователем. Для этого могут понадобиться алгоритмы, применяемые в компьютерной графике, такие как триангуляция полигона и тесселяция треугольников.

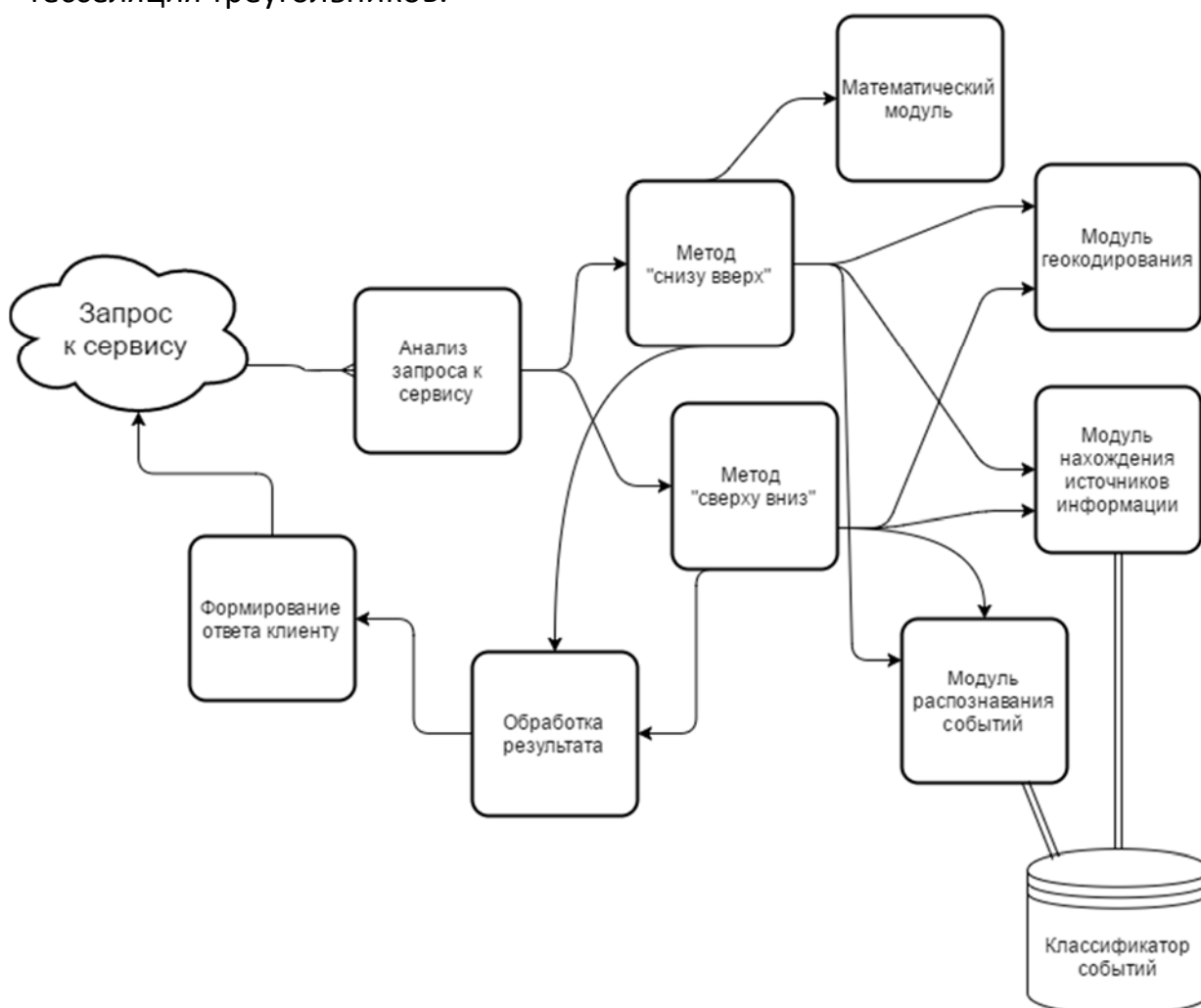


Рисунок 2 – Архитектура интернет-сервиса

Модуль геокодирования предназначен для соотношения географических объектов с их географическими идентификаторами. Это может быть, как обращение к внутренней базе данных в которой уже собрана такая информация, так и обращение к другим геосервисам предоставляющим возможность геокодирования.

Модуль нахождения источников информации позволяет соотносить объекты или тематики событий с источниками информации из сети интернет.

Модуль распознавания событий, позволяет оценивать найденные события из источников информации и фильтровать их по тематикам.

Помимо названных модулей в архитектуру интернет-сервиса должен быть заложен классификатор событий. Классификатор событий — это база данных которая связывает тип события со списком сайтов, где можно найти полезную информацию и списком ключевых слов для поиска информации. Наполнением классификатора событий следует заниматься вручную, поскольку именно от его качества зависит качество и всей системы в целом. В случае автоматизации этого процесса, рекомендуется проводить тщательную премодерацию для исключения ошибок автоматизированного сбора информации.

**Вывод.** Благодаря описанной в работе архитектуре интернет-сервис имеет следующие достоинства: во-первых, использует разные методы нахождения событий. Система построена так, что сама оценивает и решает какой метод лучше использовать, что дает хорошие результаты на разных задачах принятия решения. Во-вторых, сервис использует картографическое представление результатов, что обеспечит их высокое информационное наполнение благодаря картографической основе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беляков С.Л. Геоинформационный сервис ситуационного центра / Беляков С.Л., Белякова М.Л., Самойлов Д.С. // Информационные технологии. – Москва, 2011. – № 8. – С. 29-32.
2. Беляков С.Л., Розенберг И.Н. Программные интеллектуальные оболочки геоинформационных систем. – М.: Научный мир. – 2010.
3. Belyakov S.L. Model Of Intellectual Visualization Of Geoinformation Service / Bozhenyuk A.V., Belykova M.L., Rozenberg I.N. // Proc. 28th European Conference on Modeling and Simulation ECMS 2014. – Brescia, 2014. – P.326-333.

УДК 681.518

## ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЛИЗОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРЕЦЕДЕНТОВ

Л.В. Гордиенко<sup>1</sup>, Л.К. Самойлов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационных измерительных технологий и систем, Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета, г. Таганрог, Россия, e-mail: [lgordienko@sfedu.ru](mailto:lgordienko@sfedu.ru)

<sup>2</sup> доктор технических наук, профессор кафедры информационных измерительных технологий и систем, Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета, г. Таганрог, Россия, e-mail: [ksamoilov@sfedu.ru](mailto:ksamoilov@sfedu.ru)

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию модели определения близости логистических прецедентов в среде геоинформационной системы (ГИС) на основе нечетких данных. Отличительной особенностью данной модели является нечеткое описание данных о ситуации. Использование данной модели позволяет повысить качество принимаемых решений.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, логистический прецедент, нечеткое множество.

## GEOINFORMATION MODEL FOR DEFINITION OF PROXIMITY OF LOGISTIC PRECEDENTS

L.V. Gordienko<sup>1</sup>, L.K. Samoylov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Senior lecturer of Department of information and measuring technology and systems, Institute of Nanotechnology, Electronics and Instrumentation of Southern Federal University, Taganrog, Russia, e-mail: [lgordienko@sfedu.ru](mailto:lgordienko@sfedu.ru)

<sup>2</sup>Ph.D., Professor of Department of information and measuring technology and systems, Institute of Nanotechnology, Electronics and Instrumentation of Southern Federal University, Taganrog, Russia, e-mail: [ksamoilov@sfedu.ru](mailto:ksamoilov@sfedu.ru)

**Abstract.** The work is devoted to study model determine the proximity of the logistics of precedents in the environment of geographic information system (GIS) based on fuzzy data. A distinctive feature of this model is the fuzzy description of the data about the situation. The use of this model allows to improve the quality of decisions.

**Keywords:** geographic information system, logistic precedent, fuzzy set.

**Введение.** Логистический прецедент в ГИС представлен разнородной информацией, основой которой являются пространственные данные. На практике зачастую информации о самой ситуации недостаточно, она пред-



ставлена в неполной форме. Наиболее приемлемой является нечеткая модель описания близости. Для этого ситуации задаются совокупностью признаков, представленных в виде нечетких множеств, которые могут быть получены различными способами:

- В результате опроса экспертов;
- В результате анализа картографической информации.

**Целью данной работы** является исследование геоинформационной модели определения близости объектов, основанной на нечетком описании данных о ситуации.

Пусть задано базовое множество  $Y$ . Под нечетким подмножеством  $\tilde{A}$  на множестве  $Y$  понимается множество пар  $\tilde{A} = \{(\mu_{\tilde{A}}(x_i)/x_i)\}$ , где  $\mu_{\tilde{A}}(x_i)$  - степень принадлежности элемента  $x_i$  нечеткому подмножеству  $\tilde{A}$ .

В настоящее время существуют различные методы, позволяющие определить меру сходства между двумя нечеткими множествами. К ним относят меры сходства по Заде, по Лукасевичу, по площади [1].

Мера сходства Заде

$$z(\tilde{A}, \tilde{B}) = \min(\max(1 - \mu_{\tilde{A}}(x_i), \mu_{\tilde{B}}(x_i)), \max(\mu_{\tilde{A}}(x_i), 1 - \mu_{\tilde{B}}(x_i))), \quad i = \overline{1, n} \quad (1)$$

Мера сходства Лукасевича

$$l(\tilde{A}, \tilde{B}) = 1 - \max|\mu_{\tilde{A}}(x_i) - \mu_{\tilde{B}}(x_i)|, \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

Геоинформационная система предоставляют расширенную информацию о логистическом прецеденте: координаты, семантическая информация (включает время события, описание и т.д.), топологии. Логистический прецедент в среде геоинформационной системы описывается следующим множеством:

$$P = \langle M, T, S, TL, I \rangle,$$

где  $M$  – подмножество данных о месте возникновения прецедента, представленных в виде критической области логистического прецедента;

$T$  – информация о времени возникновения прецедента;

$S$  – описание ситуации;

$TL$  – подмножество данных о топологии;

$I$  – решение логистического прецедента, включающее область решения.

Для оценки близости прецедентов необходимо проанализировать как связаны между собой логистические прецеденты по каждому из составляющих.

Одним из существенных вопросов является определение близости топологий двух прецедентов [2]. Использование топологий определяет специфику геоинформационной системы. Существуют различные виды топологических отношений:

- Изолированность;
- Пересечение;
- Вложенность;
- Соседство;
- Близость;
- Удаленность.

Например, прецедент  $P_1$  произошел из-за плохой видимости (рис. 1).

Причиной прецедента  $P_2$  также была плохая видимость. Однако топология  $P_2$  имеет следующий вид (рис. 2).

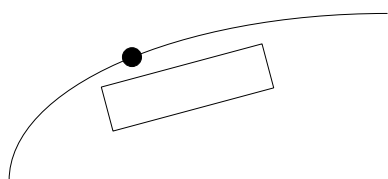


Рисунок 1 - Топология прецедента  $P_1$

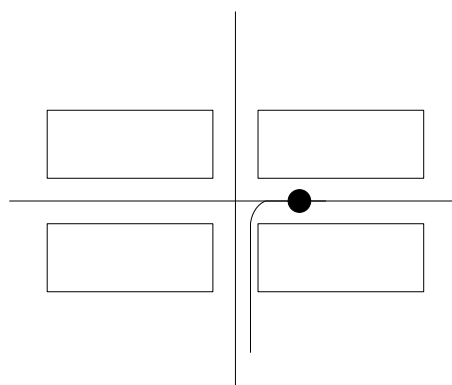


Рисунок 2 - Топология прецедента  $P_2$

В топологии прецедента  $P_1$  прямая дорога, а в топологии прецедента  $P_2$  - перекресток. Однако, в топологическом смысле в обоих случаях есть объект, который нарушает видимость. В этом смысле в некоторой степени есть определенное топологическое сходство.

Топологические свойства фигур не изменяются при любых деформациях, производимых без разрывов или соединений. Поэтому с топологической точки зрения следующие модели эквивалентны (рис. 3):

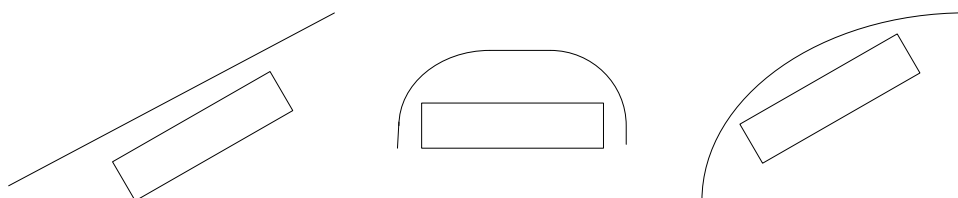


Рисунок 3 - Эквивалентные топологии

Для определения сходства подобных конструкций выработаем правила. Для рассматриваемого примера: рядом с линией находится картографический объект, который имеет высоту. Поэтому с топологической точки зрения эти ситуации похожи в определенной степени.

Важным этапом в сравнении топологий является оценка расстояния и взаимного расположения их объектов в пространстве.

Уточним описание объекта в геоинформационной системе применительно к данной задаче:

$$V_{obj} = (I, Class, P, T, A_1, \dots, A_N),$$

где *Class* – признак, характеризующий размерность объекта и принимающий следующие значения  $Class = \{точка, интервал, плоская фигура, объемная фигура\}$ ; *P* – геометрическая составляющая, которая принимает значения  $P = \{d_{max}, d_{min}, h, o'\}$ , где  $d_{max}$  – длинная сторона объекта,  $d_{min}$  – короткая сторона объекта,  $h$  – высота,  $o'$  – выделяет ориентацию объекта (длинная сторона, передняя сторона и т.п.).

В качестве базового отношения взаимного расположения объектов в пространстве применительно к данной задаче, выделим следующие [3]:

- $\varphi_1$  - находиться слева;
- $\varphi_2$  - находиться справа;
- $\varphi_3$  - находиться выше;
- $\varphi_4$  - находиться ниже;
- $\varphi_5$  - находиться на одинаковом уровне;
- $\varphi_6$  - быть между;
- $\varphi_7$  - соприкасаться;
- $\varphi_8$  - быть дальше;
- $\varphi_9$  - быть перпендикулярно;
- $\varphi_{10}$  - быть параллельно.

Из базовых отношений с помощью обычных логических операций можно получить нужные производные отношения:

- $\varphi_{11}$  - не соприкасаться  $(O_1 \overline{\varphi_7} O_2) \rightarrow O_1 \varphi_{11} O_2$ ;
- $\varphi_{12}$  - находиться сбоку  $(O_1 \varphi_1 O_2 \cup O_1 \varphi_2 O_2) \cap (O_1 \varphi_7 O_2 \cup O_1 \varphi_{11} O_2) \rightarrow O_1 \varphi_{12} O_2$ ;
- $\varphi_{13}$  - быть поперек  $(O_2(d_{min}) \varphi_9 O_1) \cap (O_1 \varphi_7 O_2 \cup O_1 \varphi_{11} O_2) \rightarrow O_1 \varphi_{13} O_2$ ;
- $\varphi_{14}$  - быть вдоль  $(O_2(d_{max}) \varphi_{10} O_1) \cap (O_1 \varphi_7 O_2 \cup O_1 \varphi_{11} O_2) \rightarrow O_1 \varphi_{14} O_2$ .

В качестве базового отношения расстояния выделим следующие:

- $r_1$  - вплотную;
- $r_2$  - очень близко;
- $r_3$  - близко;
- $r_4$  - не далеко и не близко;
- $r_5$  - далеко;
- $r_6$  - очень далеко;
- $r_7$  - очень – очень далеко.

Результат оценки близости топологий будем описывать нечеткой переменной *Степень\_близости\_топологий* [4].

Геоинформационная модель оценки близости топологий критических областей логистических прецедентов, содержащих линейные и полигональные объекты:

1. Определить количество примитивов  $T_1(pr_1, pr_2, \dots, pr_s)$  и  $T_2(pr_1, pr_2, \dots, pr_d)$ . Перейти к п.2.

2. Определить типы картографических объектов  $T_1(L_1, L_2, \dots, L_p, POL_1, POL_2, \dots, POL_t)$  и  $T_2(L_1, L_2, \dots, L_r, POL_1, POL_2, \dots, POL_h)$ . Перейти к п.3.

3. Определить характер взаимного расположения объектов  $L_i^1 \phi_k POL_t^1$  и  $L_x^2 \phi_k POL_y^2$ ,  $k = \overline{1...14}$ . Перейти к п.4.

4. Определить расстояние между объектами  $L_i^1 r_m POL_t^1$ ,  $L_x^2 r_m POL_y^2$ ,  $L_i^1 r_m L_{i_2}^1$ ,  $POL_{t_1}^1 r_m POL_{t_2}^1$ ,  $L_{x_1}^2 r_m L_{x_2}^2$ ,  $POL_{y_1}^2 r_m POL_{y_2}^2$ ,  $m = \overline{1...7}$ . Перейти к п.5

5. По следующим правилам на основе знаний экспертов оценить близость топологий:

1) ЕСЛИ ( $s=d$ ) И ( $L_p^1 = L_p^2$ ) И ( $POL_t^1 = POL_h^2$ ) И ( $L_i^1 \phi_{k_1} POL_t^1$ ) И ( $L_x^2 \phi_{k_2} POL_y^2$ ) И ( $k_1 = k_2$ ) И ( $L_i^1 r_{m_1} POL_t^1$ ) И ( $L_x^2 r_{m_2} POL_y^2$ ) И ( $m_1 = m_2$ ) ТО *Степень\_близости\_топологий* = 1;

2) ЕСЛИ ( $s <> d$ ) И ( $L_p^1 <> L_p^2$ ) И ( $POL_t^1 <> POL_h^2$ ) И ( $L_i^1 \phi_{k_1} POL_t^1$ ) И ( $L_x^2 \phi_{k_2} POL_y^2$ ) И ( $k_1 <> k_2$ ) И ( $L_i^1 r_{m_1} POL_t^1$ ) И ( $L_x^2 r_{m_2} POL_y^2$ ) И ( $m_1 <> m_2$ ) ТО *Степень\_близости\_топологий* = 0;

3) ЕСЛИ ( $s <> d$ ) И ( $L_p^1 = L_p^2$ ) И ( $POL_t^1 < POL_h^2$ ) И ( $(L_i^1 \phi_4 POL_t^1)$  И ( $L_i^1 r_2 POL_t^1$  ИЛИ  $L_i^1 r_3 POL_t^1$ )) И ( $(L_x^2 \phi_4 POL_y^2)$  И ( $L_x^2 \phi_3 POL_y^2$ ) И ( $L_x^2 r_2 POL_y^2$  ИЛИ  $L_x^2 r_3 POL_y^2$ )) ТО *Степень\_близости\_топологий* = 0,45;

**Вывод.** Отличительной особенностью предложенной геоинформационной модели определения близости логистических прецедентов является использование нечетких данных пространственно-временных, топологических отношений и накопленного опыта. По сравнению с известными, предложенная геоинформационная модель позволяет получать решения, адекватные опыту наблюдения реальных ситуаций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. – М.: Радио и связь, 1982.

2. Гордиенко Л.В. Описание топологических отношений объектов в геоинформационной системе при управлении материальными потоками // Межотраслевой институт «Наука и образование» Ежемесячный научный журнал. 2014. № 3. С. 26 – 27.

3. Представление и использование знаний / под ред. Х. Уэно, М. Исидзука; пер. с яп. И. А. Иванова под ред. Н. Г. Волкова. - М.: Мир, 1989.

4. Берштейн Л.С., Боженюк А.В. Введение в теорию нечетких графов: учеб. пособие. - Таганрог : Изд-во ТРТУ, 1999.

УДК 622.023.23:627.514:004

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

**А.И. Калашник**

кандидат технических наук, заведующий лабораторией, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Россия, e-mail: [kalashnik@goi.kolasc.net.ru](mailto:kalashnik@goi.kolasc.net.ru)

**Аннотация.** Разработана гидрогеомеханическая 3D модель ограждающей дамбы хвостохранилища, отличительной особенностью которой является принцип интегрирования геолого-геометрических, геомеханических и гидрогеологических условий. Это позволяет, наряду с геомеханическими расчетами, выполнять и гидравлические, а также оценку устойчивости дамбы. Результаты исследований модели на примере одного из крупных хвостохранилищ Кольского региона получили заверку данными комплексных натурных наблюдений и ежемесячного мониторинга.

**Ключевые слова:** *дамба, хвостохранилище, гидрогеомеханическая модель.*

## DESIGN OF COMPUTER HYDRO-MECHANICAL MODEL FOR TAILINGS EMBANKMENT DAM

**Anatoly Kalashnik**

PhD (Eng.), head of laboratory, Mining Institute KSC RAS, Apatity, Russia; e-mail: [kalashnik@goi.kolasc.net.ru](mailto:kalashnik@goi.kolasc.net.ru)

**Abstract.** A hydro-mechanical 3D model has been designed for a tailings embankment dam, which distinguishing property is a principle of integrating geological-geometric, geomechanical and hydrogeological conditions. This allows both geomechanical and hydraulic calculations and a dam stability assessment. The model research results through the case study of a large tailing at the Kola region have been verified by the data of complex in-situ observations and monthly monitoring.

**Keywords:** *dam, tailing, hydro-mechanical model.*

**Введение.** Принципы применения информационных технологий для решения оперативных и стратегических задач освоения минеральных ресурсов Кольского региона были сформулированы в работах [1, 2]. При этом внимание в основном уделялось вопросам предметно-ориентированного моделирования на основе создаваемых баз горно-геологических и горно-технических параметров. Вместе с тем следует отметить, что создаваемые модели горнотехнических объектов, в частности, для решения задач прочности и устойчивости, исследовались в упругой постановке, на основе геометрических параметров, физико-механических свойств пород и внешних нагрузок. Это в достаточной мере является адекватным для массивов скальных пород, но для техногенно перемещенных и водонасыщенных пород необходимы соответствующие модели, которые должны исследоваться в упругопластической и упруго-вязко-пластической постановке, и должны учитывать, в комплексе с механическими, гидравлические условия.

В данной статье рассмотрены подходы к разработке компьютерной гидрогеомеханической 3D модели ограждающей дамбы на примере одного из крупных хвостохранилищ Кольского региона.

**Цель работы.** Известно, что характер распределения напряжений и перемещений в массивах породных грунтов и их величины зависят от многих факторов, но для ГТС хвостохранилища, представляющего собой массивы породных грунтов, насыщенных водой, уместно выделить следующие основные группы:

- геологическое строение подстилающих массивов породных грунтов;
- гидрогеологический режим района ГТС хвостохранилища;
- структура и инженерно-геологические свойства насыпных ограждающих дамб;
- физико-механические свойства породных грунтов ограждающих дамб и основания-подстилающего массива;
- гидростатические и гидродинамические характеристики системы «хвостохранилище-ограждающие сооружения – основание»;
- геометрические параметры хвостохранилища: объем, мощность хвостовых отложений и приповерхностной воды, конфигурация хвостохранилища в плане, высота и ширина ограждающих дамб, углы наклона склонов, рельеф района расположения хвостохранилища;
- наличие, параметры, ориентация и местоположение в подстилающем основании блочных геологических структур;
- силовые граничные условия: вес воды (уровень воды в хвостохранилище) и налегающих толщ пород, гидростатическое давление, гидродинамическое влияние, боковой отпор, эффективные напряжения, величина и направление основных водных масс района, давление грунтовых вод и т.п.



Учитывая вышесказанное и в целях, по-возможности, максимально большего учета факторов, разработана объемная гидрогеомеханическая 3D модель ограждающей дамбы хвостохранилища.

**Гидрогеомеханическая модель.** В разработанной гидрогеомеханической 3D модели ограждающей дамбы хвостохранилища реализован принцип интегрирования геолого-геометрических (геологические и пространственные характеристики породных грунтов), геомеханических (механические свойства и действующие нагрузки), гидростатических (степень водонасыщения породных грунтов, геометрический и пьезометрический напор, а также скоростной напор вследствие дренирования воды) (рис. 1а) и гидродинамических (образование зон фильтрации, скоростной напор и давление потока) (рис. 1б) условия. Это позволяет, наряду с геомеханическими расчетами (определение напряжений и деформаций в исследуемом объекте), выполнять и гидравлические (изменение уровня и давления дренирующейся воды, формирование зон повышенной фильтрации и развитие их во времени: увеличение поперечных размеров, повышение скорости и давления фильтрационного потока).

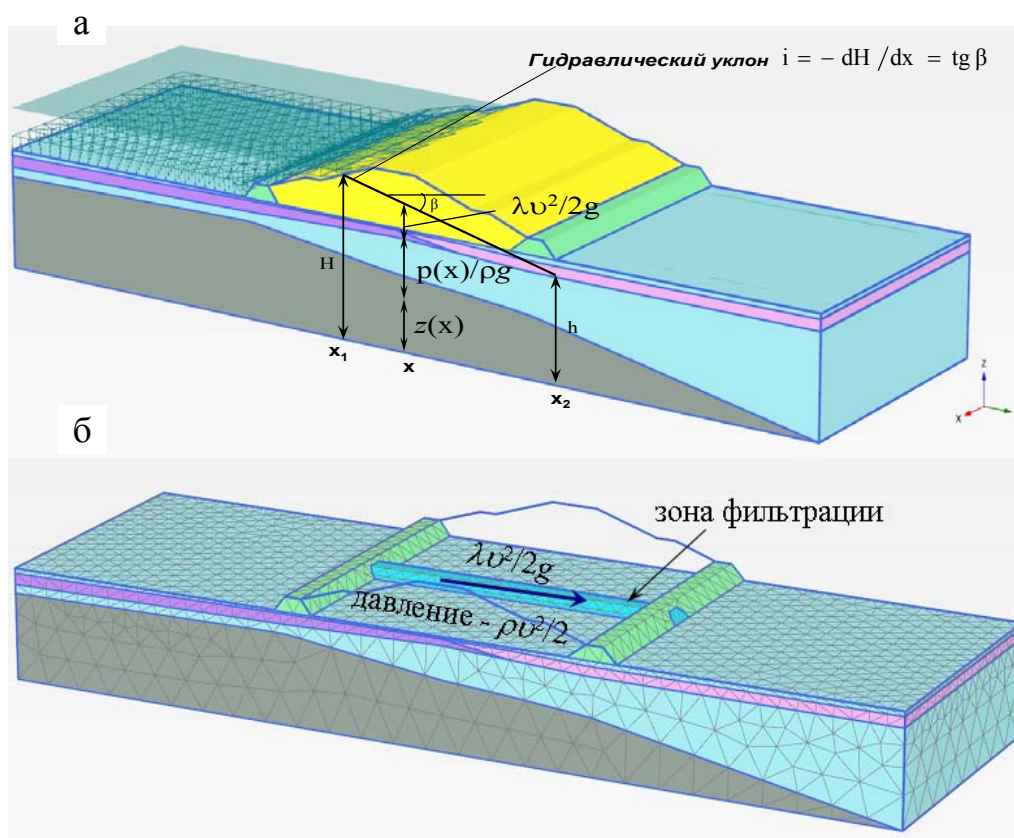


Рисунок 1 - Схема, отражающая учет в гидрогеомеханической модели 3D гидростатических (а) и гидродинамических (б) условий

Гидростатическое воздействие может быть описано графически уравнением Бернулли [3] (рис. 1а), где:  $H$  и  $h$  – высота уровня воды на верхнем и нижнем склоне, соответственно;  $z(x) = H-h$  – геометрический напор в сечении  $x$ ;  $p(x)/\rho g$  – пьезометрический напор;  $\lambda v^2/2g$  – скоростной напор дренирования;  $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления;  $v$  – скорость дренирования воды;  $g$  – ускорение силы тяжести;  $\beta$  – угол гидравлического уклона;  $\rho$  – плотность воды;  $x$  – рассматриваемое сечение.

В случае формирования зон (условно «каналов») повышенной фильтрации, дополнительно генерируется гидродинамическое воздействие [4] (рис. 1б), которое имеет скоростные ( $\lambda v^2/2g$ ) и динамические ( $\rho v^2/2$ ) характеристики. Кроме того, гидродинамическое давление действует на стенки зоны повышенной фильтрации и, преодолевая силы тяжести грунта, приводит к его разжижению. При этом возможно вымывание грунта вместе с водой – механическая суффозия, вследствие чего увеличиваются поперечные размеры зоны фильтрации.

**Особенности модели.** Отличительной особенностью разработанной гидрогеомеханической 3D модели является дифференцированное использование для различных породных грунтов соответствующей модели (упругой, упругопластической, упруго-вязко-пластической, консолидационной) их деформирования (поведения под нагрузкой), принимаемой в соответствии с исходными гидрогеологическими данными (рис. 2).

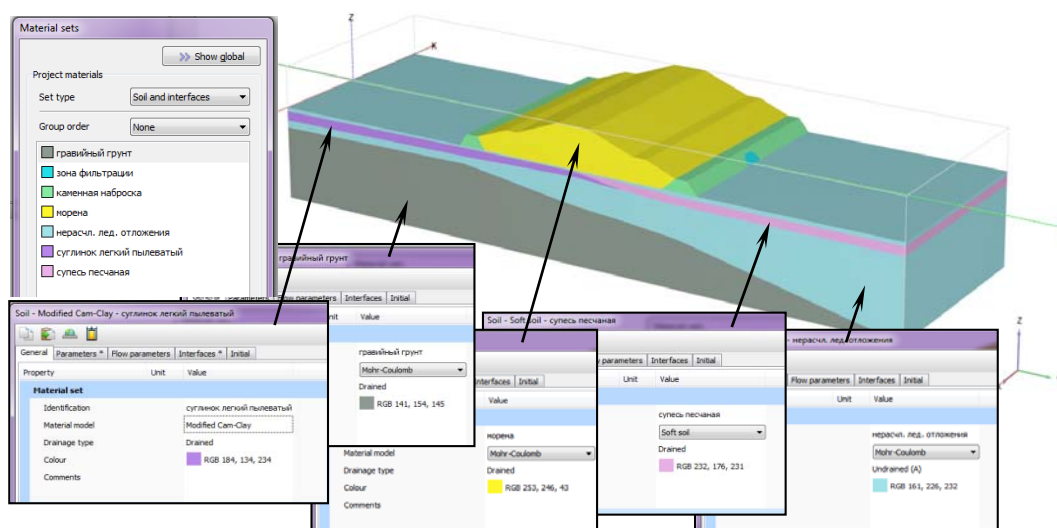


Рисунок 2 - Гидрогеомеханическая 3D модель ограждающей дамбы хвостохранилища

Это позволяет, наряду с геомеханическими расчетами (определение напряжений и деформаций в теле дамбы и подстилающем основании), выполнять и гидравлические (изменение уровня и давления дренирующей)

воды, формирование зон повышенной фильтрации и развитие их во времени: увеличение поперечных размеров, повышение скорости и давления фильтрационного потока).

**Верификация модели.** Компьютерные исследования разработанной гидрогеомеханической 3D модели ограждающей дамбы хвостохранилища выполнены применительно к одному из крупных хвостохранилищ Кольского региона. Верификация расчетных значений выполнялась на основе сопоставительного анализа с данными полевых наблюдений: георадарное зондирование, пьезометрические определения, геодезические измерения [5-7]. Установлено, что полученные расчетные результаты имеют хорошее подтверждение данными комплексных натурных наблюдений и ежемесячного мониторинга.

**Выводы.** Разработана гидрогеомеханическая 3D модель ограждающей дамбы хвостохранилища, отличительной особенностью которой является принцип интегрирования геолого-геометрических (геологические и пространственные характеристики породных грунтов), геомеханических (механические свойства и действующие нагрузки) и гидрогеологических (гидростатические и гидродинамические параметры) условий. Это позволяет, наряду с геомеханическими расчетами (определение напряжений и деформаций в исследуемом объекте), выполнять и гидравлические (изменение уровня и давления дренирующейся воды, формирование зон повышенной фильтрации и развитие их во времени: увеличение поперечных размеров, повышение скорости и давления фильтрационного потока). Отличительной особенностью разработанной модели также является дифференцированное использование для различных породных грунтов и степени их водонасыщения соответствующей модели их деформирования (поведения под нагрузкой): упругой, упругопластической, упруго-вязко-пластической, консолидационной. Результаты исследований модели на примере одного из крупных хвостохранилищ Кольского региона получили заверку данными комплексных натурных наблюдений и ежемесячного мониторинга.

*Исследования выполнены в рамках гранта РФФИ № 15-05-05835.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Калашник А.И. Методология применения информационных технологий при освоении минерально-сырьевых ресурсов Кольского полуострова / А.И. Калашник // Наука и образование. 10 лет вместе. – Апатиты: КНЦ РАН, 2005. – С. 132-139.
2. Козырев А.А. Информационные технологии в горном деле / А.А. Козырев, Н.Н. Чаплыгин, А.Д. Вассерман, О.Е. Чуркин, А.И. Калашник., и др. – Апатиты: КНЦ РАН, 1998. – 380 с.
3. Лурье М.В. Задачник по трубопроводному транспорту нефти, нефтепродуктов и газа / М.В.Лурье – М.: ООО Недра-Бизнесцентр, 2003. – 349 с.

4. Ландау Л.Д. Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц - М.: Наука, 1988. – 736 с.
5. Мельников Н.Н. Инновационные георадарные технологии изучения подповерхностной структуры и состояния природно-технических систем / Н.Н. Мельников, А.И. Калашник // Вестник Кольского научного центра РАН. – Апатиты, 2010. - № 3. - С. 4-8.
6. Данилкин А.А. Мониторинг состояния ограждающей дамбы в зоне отработки техногенного месторождения Ковдорского ГОКа / А.А. Данилкин, А.И. Калашник, Д.В. Запорожец, Д.А. Максимов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2014. - № 7. - С. 344-351.
7. Калашник А.И. Идентификация фильтрационно-деформационных процессов в теле ограждающей дамбы хвостохранилища / А.И. Калашник, Д.В. Запорожец, Н.А. Калашник // Вестник Кольского научного центра РАН. - 2013. - № 2. - С. 13-16.

УДК 622.271.63:627.514:004

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ И ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

**Н.А. Калашник**

научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Россия, e-mail: [kalashnik@goi.kolasc.net.ru](mailto:kalashnik@goi.kolasc.net.ru)

**Аннотация.** На основе объемного моделирования ГТС хвостохранилища выявлены параметрические зависимости перемещений грунтов дамбы от ее геометрических и гидродинамических характеристик. Для оценки ее механической прочности и противofильтрационной функциональности предварительно определены значения надежности (безопасности). Полученные результаты предоставляют научную основу, например, для решения обратной задачи оценки устойчивости дамбы хвостохранилища по результатам геодезических и геометрических измерений.

**Ключевые слова:** хвостохранилище, моделирование, перемещения грунтов, надежность.

## COMPUTER MODELING OF MECHANICAL STRENGTH AND IMPERVIOUS FUNCTIONALITY OF TAILINGS EMBANKMENT DAM

**Nadezhda Kalashnik**

researcher, Mining Institute KSC RAS, Apatity, Russia; e-mail: [kalashnik@goi.kolasc.net.ru](mailto:kalashnik@goi.kolasc.net.ru)

**Abstract.** 3D modeling of tailing's hydro-technical system was applied to reveal parametrical dependencies of a dam's soils movement upon its geometric and hydrodynamic characteristics. Values of reliability (safety) have been preliminary determined in order to assess the dam's mechanical strength and impervious functionality. The results obtained can