

УДК 656.08

**МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ  
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ С  
ЭЛЕМЕНТАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ  
ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ***К. А. Ручко*

Академия строительства и архитектуры Донского государственного технического университет,  
Ростов-на-Дону, Российская Федерация  
[kiry.ruch2008@yandex.ru](mailto:kiry.ruch2008@yandex.ru)

С применением имитационного моделирования дорожного движения в программной среде AIMSUN разработана схема распределения транспортных потоков на городской улично-дорожной сети для случая эвакуации населения. На примере Японии представлена реализация предложенной схемы в случае эвакуации при повышении уровня воды над уровнем дамбы. Показано, что разработанная схема может служить основой для определения оптимальной стратегии управления движением транспортных потоков в чрезвычайной ситуации.

**Ключевые слова:** интеллектуальная транспортная система, управление движением, чрезвычайные ситуации.

**Введение.** Создание, внедрение и использование интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в течение последних десятилетий стало во всем мире одной из важнейших тенденций развития автомобильного транспорта. В развитых зарубежных странах и международных организациях (например, Европейском Союзе) созданию ИТС уделяется чрезвычайно большое внимание. Целью создания ИТС является повышение показателей качества автотранспортного комплекса с помощью телематических систем [1].

Особое внимание при разработке ИТС уделяется методам управления и мерам по ликвидации последствий при чрезвычайных ситуациях (ЧС). В соответствии с ГОСТ Р ИСО 14 813–1–2011 архитектура проекта ИТС может содержать сервисный домен «управление и координация при чрезвычайных ситуациях». Этот сервисный домен подразумевает деятельность, осуществляемую в рамках реагирования на природные катаклизмы, техногенные катастрофы, общественные беспорядки или террористические акты. Сервисы для ЧС в системе ИТС позволяют оперативным службам быстрее переходить к состоянию готовности и осуществлять максимально быстрый пропуск оперативных служб через транспортную сеть [2–7].

UDC 656.08

**METHODS OF TRAFFIC CONTROL IN  
EMERGENCY SITUATIONS WITH  
ELEMENTS OF INTELLIGENT  
TRANSPORT SYSTEMS***K. A. Ruchko*

Academy of Civil Engineering and Architecture of  
Don State Technical University, Rostov-on-Don,  
Russian Federation  
[kiry.ruch2008@yandex.ru](mailto:kiry.ruch2008@yandex.ru)

The article provides the developed scheme of distribution of traffic flows on urban road network for evacuation with the use of simulation modelling of traffic in the software environment of AIMSUN. On the example of Japan it presents the implementation of the proposed scheme in evacuation in case of water level increase above the dam. It is shown that the scheme can serve as a basis to determine the optimal strategy for the management of movement of traffic streams in an emergency situation.

**Keywords:** intelligent transport systems, traffic management, emergency situations.

Тем не менее ГОСТ Р ИСО 14 813–1–2011 не предписывает, чтобы любые архитектуры ИТС содержали указанные в данном стандарте домены [8]. Конкретная архитектура должна наилучшим образом соответствовать условиям конечного ее применения и должна быть независимой от сервисов, которые она поддерживает.

Целью данной работы является разработка методов управления движением в чрезвычайных ситуациях.

**Построение архитектуры интеллектуальных транспортных систем с учетом чрезвычайных ситуаций.** Чрезвычайные ситуации — это обстоятельства, возникающие в результате аварий и катастроф в промышленности и на транспорте (техногенные чрезвычайные ситуации), экологические катастрофы стихийных бедствий (природные чрезвычайные ситуации), экологические катастрофы. Это могут быть также диверсии и факторы военного, политического и социального характера, которые заключаются в резком отклонении от нормы и процессов ежедневной жизнедеятельности, оказывающие значительное воздействие на людей, экономику, природную среду и социальную сферу.

В ГОСТ Р ИСО 14 813–1–2011 описаны сервисные домены, имеющие непосредственное отношение к чрезвычайным ситуациям. Они приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сервисные домены ИТС в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14 813–1 – 2011

Наименование	Описание
Службы оперативного реагирования	Обслуживание инцидентов, определяемых как чрезвычайные обстоятельства (аварии).
Мониторинг погодных условий и состояние окружающей среды	Деятельность, направленная на мониторинг погоды и Уведомление о ее состоянии, а также о состоянии окружающей среды.
Управление и координация при чрезвычайных ситуациях	Деятельность, связанная с транспортом, осуществляемая в рамках реагирования на природные катаклизмы, общественные беспорядки или террористические акты.
Национальная безопасность	Деятельность, которая непосредственно защищает или смягчает последствия причинения вреда или ущерба физическим лицам и предприятиям, вызванные природными катаклизмами, общественными беспорядками или террористическими актами.

Представленные сервисные домены имеют свои собственные сервисные группы и сервисы, которым рекомендуется присвоить порядковые номера и кодировку. Например, сервисный домен:

- Чрезвычайные ситуации — 1А.
- Погодные условия — 1В.
- Состояния окружающей среды — 1С.
- Катастрофы — 1D.
- Чрезвычайные положения — 1D1.
- Террористическая безопасность — 1Е.

Сервисная группа:

- Непосредственное уведомление о происшествиях или чрезвычайных ситуациях на транспорте, а также персональная безопасность — 1А1.

- Отслеживания экстренных транспортных служб, регулирование и перемещение по дорогам с высокими интенсивностями в час пик — 1А2.
  - Перевозка опасных и легковоспламеняющихся жидкостей — 1А3.
  - ДТП, связанные с опасными и легковоспламеняющимися жидкостями — 1А4.
  - Мониторинг о состоянии погоды — 1В1.
  - Мониторинг о состоянии окружающей среды — 1В2.
  - Сбор информации о катастрофах и чрезвычайных ситуациях — 1D1.
  - Принятие управления при катастрофах и чрезвычайных ситуациях — 1D1.1.
  - Координация с главным управлением при катастрофах и чрезвычайных ситуациях — 1D1.2.
  - Отслеживания подозрительных транспортных средств — 1Е1.
  - Мониторинг подозрительных транспортных средств — 1Е2.
- Сервисы:
- Международный радиосигнал о различных чрезвычайных ситуациях и о возможных бедствиях — mayday. — 1А1.0.
  - Мониторинг транспортного средства от несанкционированного проникновения и угона — 1А1А.1.
  - Мониторинг перемещения экстренных служб к месту ЧП — 1А2А.0.
  - Координация перемещения экстренных служб к месту ЧП — 1А2А.1.
  - Координация перемещений транспортных средств перевозящие опасные грузы — 1А3.0.
  - Оформление транспортных документов перевозящие опасные грузы — 1А3.1
  - Сигнал бедствия при ДТП транспортных средств перевозящие опасные грузы — 1А4.0.
  - Информационное обеспечение о состоянии погодных условий на дорогах — 1В1.0.
  - Прогнозирование состояния погодных условий на дорогах — 1В1.1.
  - Мониторинг и прогноз состояния уровня воды в реках — 1В2.0.
  - Мониторинг и прогноз состояния приливов — 1В2.1.
  - Мониторинг и прогноз состояния сейсмической активности — 1В2.2.
  - Мониторинг и прогноз состояния загрязнения окружающей среды — 1В2.3.
  - Мониторинг и прогноз состояния лавиноопасности — 1В2.4.
  - Мониторинг и прогноз состояния обвалов — 1В2.5.
  - Мониторинг и прогноз состояния грязевых селей — 1В2.6.
  - Сбор необходимых данных о возможных катастрофах и чрезвычайных ситуациях — 1D1.0.
  - Обработка данных о возможных катастрофах и чрезвычайных ситуациях — 1D1.1.
  - Использование обработанных данных о возможных катастрофах и чрезвычайных ситуациях — 1D1.2.
  - Разработка плана дорожной сети при катастрофах и чрезвычайных ситуациях — 1D1.2.0.
  - Моделирование плана дорожной сети при катастрофах и чрезвычайных ситуациях — 1D1.2.1.
  - Применение плана дорожной сети при катастрофах и чрезвычайных ситуациях — 1D1.2.2.
  - Реализация действий по устранению очага возможных катастроф и чрезвычайных ситуаций — 1D1.2.3.

- Координация действий по устранению очага возможных катастроф и чрезвычайных ситуаций — 1D1.2.4.

- Регулирование дорожного движения — 1E1.0.

- Наблюдение за подозрительными транспортными средствами — 1E2.0.

При этом архитектура ИТС определяет различные методы управления движением, существует свой порядковый номер и индекс. Это создано для более облегченного понимания о состоянии проблемы, которые возникают в области дорожного движения.

**Методы управления движением в ЧС с использованием ИТС.** В системе ИТС управление разделяется на штатное, нештатное и директивное.

Штатное управление – это штатная, запланированная схема работы системы, направленная на реализацию целей (целевых индикаторов).

Под штатным понимается управление каждого из множества самостоятельных участков ИТС в случае невозникновения конфликтных режимов, вызванных планируемым или внезапным изменением условий движения.

Нештатное управление — это управление системой, требующее внесения изменений, корректировки в штатное управление с учетом сложившейся ситуации (обеспечение проезда специализированного транспорта, экстренное реагирование на дорожно-транспортные происшествия (ДТП) и чрезвычайные ситуации (ЧС)).

Директивное управление транспортными потоками — обеспеченное управления транспортным потоком в соответствии с указаниями четких действий при управлении ликвидаций ЧС.

Для определения методов управления для каждого вида ЧС и более четкого понимания сложившихся ситуаций разработаем кодировку методов управления движением в ЧС (таблица 2).

Таблица 2

Кодировка методов управления движением в чрезвычайных ситуациях

Управление	Порядковый номер	Обозначение
Нештатное	1	Оперативное управление
	1.1	Косвенное управление транспортными потоками, движущимися в направлении зоны ЧС (информирование о ЧС и вариантах маршрутов дальнейшего движения)
	1.2	Предоставление приоритета транспортным средствам оперативных служб на регулируемых пересечениях
	1.3	Предоставление приоритета транспортным средствам оперативных служб на перегонах
	1.4	Координация передвижения транспортных средств оперативных служб
	2	Ситуационное управление
	2.1	Директивное управление транспортными потоками, движущимися в направлении зоны ЧС (информирование о ЧС и четкое предписание двигаться в соответствии с указанным маршрутом)
	2.2	Координация действий на месте происшествия для

Управление	Порядковый номер	Обозначение
		освобождения транспортных путей
	2.3	Запрет движения по определенным полосам на участке ЧС
	2.4	Ограничение скорости движения на определенных полосах на участке ЧС
	2.5	Ограничение доступа в зону ЧС
	2.6	Организация транспортных коридоров для вывода транспортных средств из зоны ЧС
	2.7	Локальная эвакуация
	2.8	Полная эвакуация
	2.9	Директивное управление транспортными потоками, движущимися от зоны ЧС (четкое предписание двигаться в соответствии с указанным маршрутом)

Данную кодировку укажем в рекомендуемые методы управления в чрезвычайных ситуациях, которая показана в таблице 3.

Таблица 3

## Рекомендуемые методы управления движением при чрезвычайных ситуациях

Методы управления движением	По масштабу	По скорости развития			
		Внезапные	Стремительные	Умеренные	Плавные
Техногенные ЧС					
ДТП (без блокировки движения, без пострадавших)	Локальные	2.4	x	x	x
	Местные	x	x	x	x
ДТП (с блокировкой полос (ы) движения)	Локальные	1.1, 2.2, 2.3, 2.4	x	x	x
	Местные	x	x	x	x
ДТП (с блокировкой всей проезжей части)	Локальные	1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.5	x	x	x
	Местные	x	x	x	x
ДТП (с особо тяжкими последствиями)	Локальные	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.3, 2.4	x	x	x
	Местные	x	x	x	x

Методы управления движением	По масштабу	По скорости развития			
		Внезапные	Стремительные	Умеренные	Внезапные
Техногенные ЧС					
Аварии при перевозке опасных грузов	Локальные	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6	x	x	x
	Местные	x	x	x	x
Обрушения зданий и сооружений	Локальные	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6	x	x	x
	Местные	x	x	x	x
Пожары	Локальные	x	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9	x	x
	Местные	x	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.8, 2.9	x	x
Взрывы	Локальные	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.9	x	x	x
	Местные	x	x	x	x
Угрозы взрывов	Локальные	x	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9	x	x
	Местные	x	x	x	x
Радиационное заражение	Локальные	x	x	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9	x
	Местные	x	x	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.8, 2.9	x
Химическое заражение	Локальные	x	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9	x	x
	Местные	x	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.8, 2.9	x	x
Природные					
Землетрясения	Локальные	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6, 2.9	x	x	x
	Местные	x	x	x	x
Наводнения	Локальные	x	1.2, 1.3, 1.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9	1.2, 1.3, 1.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9	1.2, 1.3, 1.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9

	Местные	х	1.2, 1.3, 1.4, 2.5, 2.6, 2.8, 2.9	1.2, 1.3, 1.4, 2.5, 2.6, 2.8, 2.9	1.2, 1.3, 1.4, 2.5, 2.6, 2.8, 2.9
Методы управления движением	По масштабу	По скорости развития			
		Внезапные	Стремительные	Умеренные	Внезапные
Природные					
Ураганы	Локальные	х	х	х	х
	Местные	х	1.2, 1.3, 1.4, 2.2, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9	1.2, 1.3, 1.4, 2.2, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9	1.2, 1.3, 1.4, 2.2, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9
Оползни	Локальные	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2 2.5, 2.6, 2.7, 2.9			
	Местные	х	х	х	х
Биолого-социальные					
Биологическое заражение, эпидемии	Локальные	х	х	х	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9
	Местные	х	х	х	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.8, 2.9
Угроза террористических актов	Локальные	х	1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9	х	х
	Местные	х	х	х	х

**Планирование эвакуации в чрезвычайных ситуациях с помощью имитационного моделирования.** В определенных ситуациях, произошедших в ходе природных и техногенных катастроф, наиболее эффективным способом защиты населения является эвакуация из зоны бедствий.

Эвакуация населения — комплекс организационных мероприятий по выводу и (или) вывозу населения из зоны катастрофы или вероятной чрезвычайной ситуации. Эвакуация населения считается завершённой (оконченной), когда все население данной местности, подлежащее эвакуации вывезены (выведены) за предполагаемые зоны действия поражающих факторов. В зависимости от численности эвакуируемого населения и масштаба чрезвычайного происшествия, могут быть выделены локальные, региональные и местные эвакуации.

Локальная эвакуация проводится, если граница воздействия поражающего фактора ограничена возможным зонированием отдельных городских микрорайонов или сельских населенных пунктов, численность эвакуированного населения не превышает пару тысяч человек. Эвакуируемое население из зоны катастроф размещается как можно дальше от границ

чрезвычайной опасности, и как можно ближе к населенным пунктам, непострадавшим от катастрофы.

Региональная эвакуация сопровождается при возможных условиях воздействия распространения поражающих факторов на огромные территории, охватывающие площади одного или нескольких субъектов Российской Федерации с высокой плотностью населения, включающие крупные города и части мегаполисов. При проведении региональной эвакуации вывозимое население может быть эвакуировано на значительные дальние расстояния от постоянного места жительства.

Местная эвакуация происходит в тех случаях, когда зона чрезвычайной ситуации охватывает территорию особо малых, малых и средних городов, часть районов крупных городов, а также сельские местности. При этом численность эвакуируемого населения из зоны катастроф может составлять от сотни до нескольких десятков тысяч человек, которые размещаются в безопасных районах города, смежных с зоной чрезвычайных происшествий [13].

Решить задачи планирования эвакуации помогает имитационное моделирование.

Имитационного моделирования включает в себя несколько этапов.

1. Сбор необходимой информации о жителях городов, местах очагов аварий и зоны распространения катастрофы.

2. Далее, при необходимом количестве собранных данных, возможно проведение собственно моделирования.

3. При необходимости проверить модель в реальных действиях.

4. Устранить ошибки.

В Японии с помощью программы имитационного моделирования Aimsun выполняется прогнозирование времени эвакуации населения с использованием транспортных средств в районах с высоким риском наводнения [9].

Для решения этой задачи разработана модель города, которая показана на рис. 1.

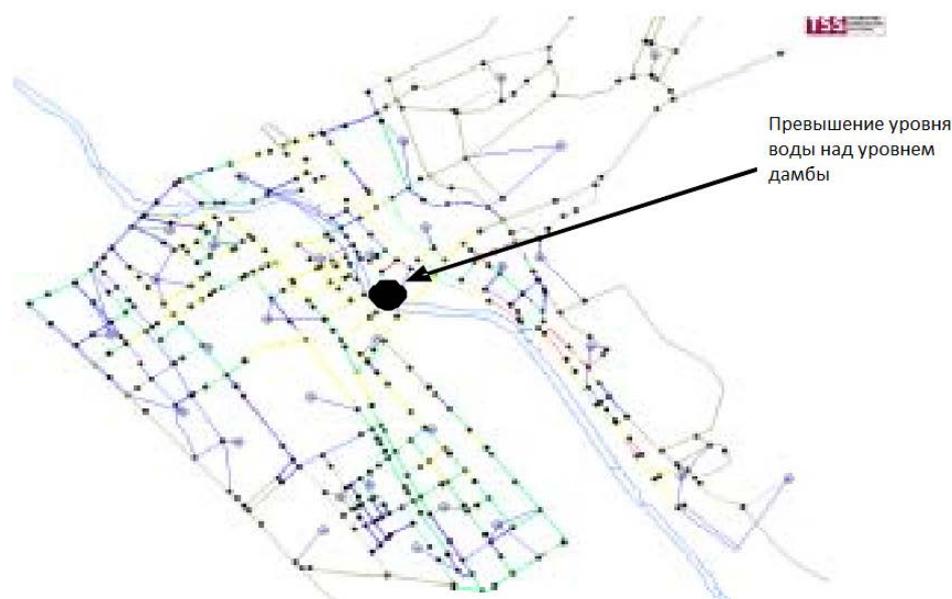


Рис. 1а. Имитационная модель города в программе Aimsun для прогнозирования времени эвакуации при наводнении

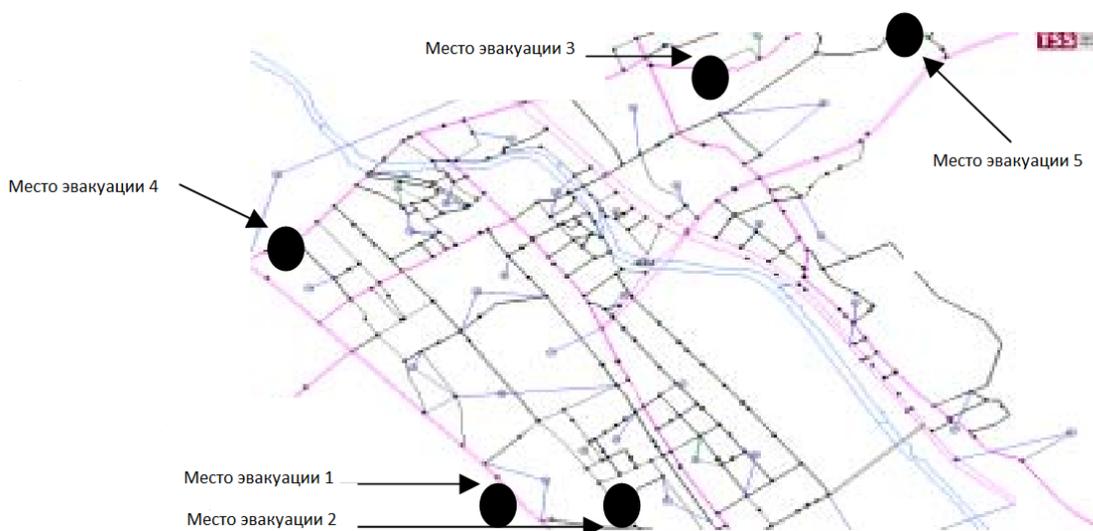


Рис. 16. Имитационная модель города в программе Aimsun для прогнозирования времени эвакуации при наводнении

В архитектуре ИТС предусмотрен сервис для управления эвакуацией. Схема работы сервиса представлена на рис. 2.

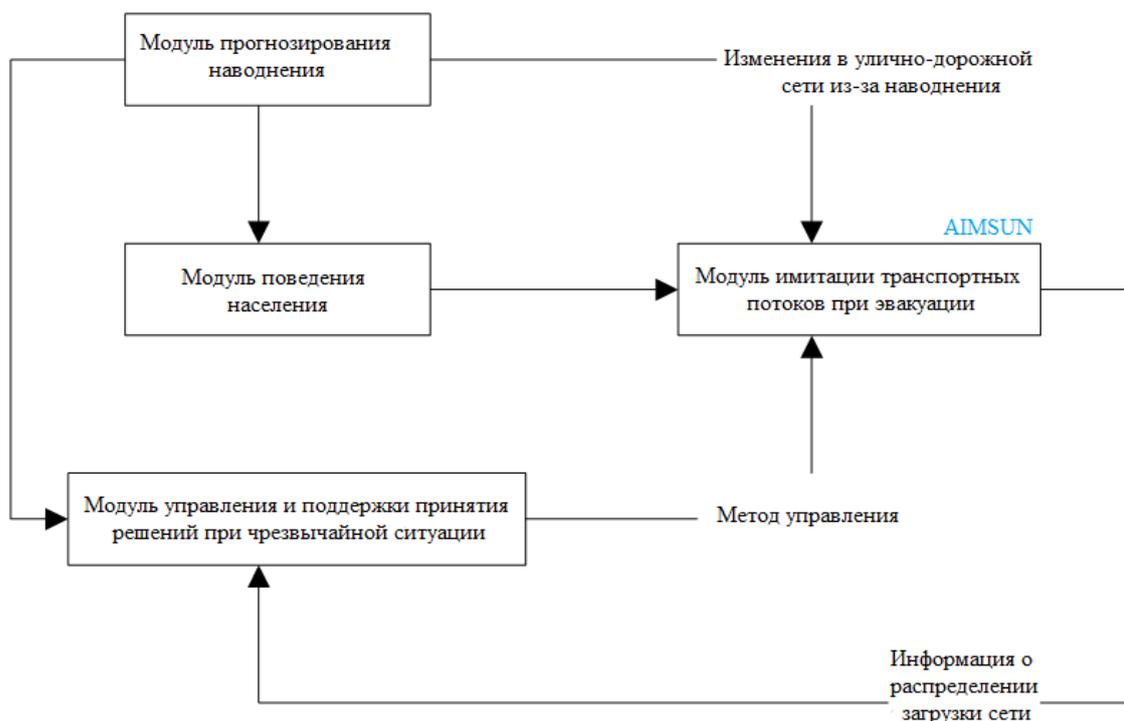


Рис. 2. Сервис в архитектуре ИТС для управления эвакуацией при наводнении

Как видно из схемы на основе прогноза повышения уровня воды, прогнозируется ухудшение условий движения на части улично-дорожной сети. Поведение населения основано на указаниях от службы чрезвычайных ситуаций города. Модуль поведения человека представляет различные поведенческие аспекты эвакуируемых. Входные параметры включают возраст, пол, экономическую демографию, время отправления и число эвакуируемых. Учитывается, что начавшаяся эвакуация населения создаст значительную нагрузку на УДС.

С помощью программы имитационного моделирования Aimsun можно определить, как распределится нагрузка на сети и как это повлияет на время эвакуации. Если условия эвакуации будут неудовлетворительными, служба чрезвычайных ситуаций изменяет метод управления, после этого моделирование выполняется заново и так до тех пор, пока не будет определен оптимальный план эвакуации.

Для того чтобы результаты моделирования максимально соответствовали действительности в модель следования за лидером (car-following model) были внесены поправки, учитывающие снижение динамических и скоростных характеристик автомобилей в зависимости от уровня воды на проезжей части. В таблице 4 и на рис. 3 представлены результаты экспериментальных исследований движения автомобилей при разном уровне воды.

Таблица 4

Распределение свободной скорости движения

Уровень воды	Средняя скорость движения, км/ч	Темп уменьшения, %	Стандартное отклонение
Низкий (до 5 см)	18,8	53,0	8,4
Высокий (до 15 см)	11,4	71,5	4,7

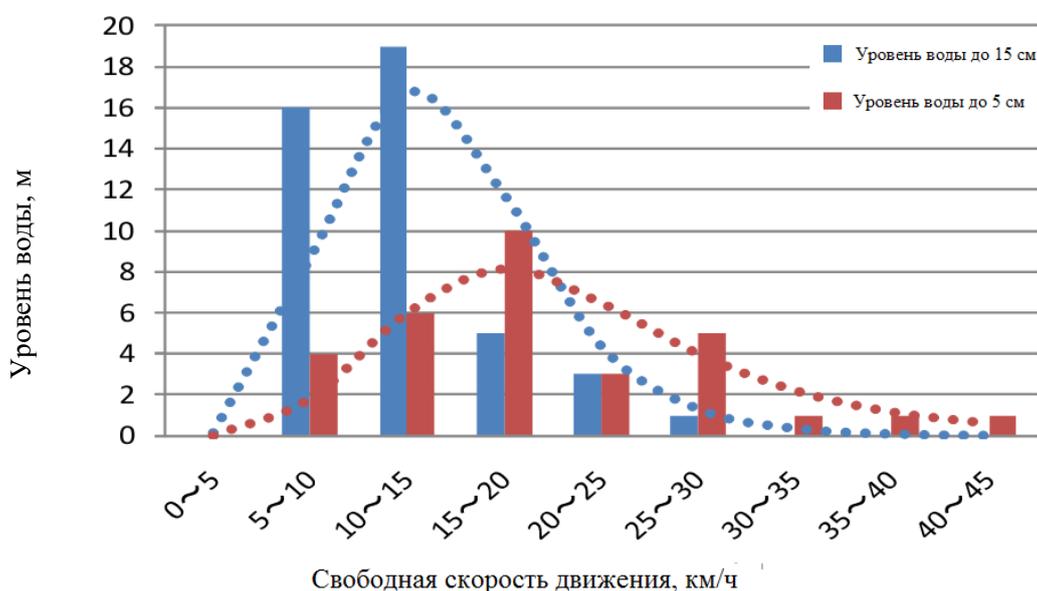


Рис. 3. Распределение свободной скорости движения в зависимости от уровня воды

**Заключение.** Интеллектуальные транспортные системы являются современными приложениями, которые без использования интеллекта как такового направлены на предоставление инновационных услуг, относящихся к различным видам транспорта и управлению движением, и позволяющих различным пользователям быть лучше осведомленными, а также обеспечивая большую безопасность, более координированное и «разумное» использование транспортных сетей. Данная методика методов управления дорожным движением используется в

различных странах (США, Китай, Япония, Испания), а также в Российской Федерации, но при управлении в ЧС используется произвольно, по месту и характеру происшествий в ЧС.

В данной статье была разработана схема распределения транспортных потоков на городской УДС для случая эвакуации населения. Схема разработана с применением имитационного моделирования дорожного движения в программной среде AIMSUN. Также представлена реализация этой схемы в случае эвакуации при повышении уровня воды над уровнем дамбы, на примере Японии. Полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанная схема может служить основой для определения оптимальной стратегии управления движением транспортных потоков в чрезвычайной ситуации.

#### **Библиографический список.**

1. Комаров, В. В. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика / В. В. Комаров, С. А. Гараган. — Москва : НТВ «ЭНЕРГИЯ», 2012. — 352 с.
2. Пржибыл, П. Телематика на транспорте / П. Пржибыл, М. Свитек; под ред. В. В. Сильянова. — Москва : МАДИ (ГТУ), 2003. — 540с.
3. Зырянов, В. В. Intelligent Transport Systems: учеб. пособие / В. В. Зырянов, В. Г. Кочерга, М. С. Володина. — Ростов-на-Дону : Рост. гос. строит. ун-т, 2013. — 94с.
4. Кочерга, В. Г. Интеллектуальные транспортные системы в дорожном движении: учеб. пособие / В. Г. Кочерга, В. В. Зырянов, В. И. Коноплянко. — Ростов-на-Дону : Рост. гос. строит. ун-т, 2001. — 108 с.
5. Организация и безопасность дорожного движения: учебник для вузов / В. И. Коноплянко[и др.]. — Кемерово: Кузбассвузиздат, 1998. — 236 с.
5. Евстигнеев, И. А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России / И. А. Евстигнеев. — Москва : Изд-во «Перо», 2015. — 164 с.
6. Козлов, Л. Н. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России / Л. Н. Козлов, Ю. М. Урличич, Б. Е. Циклис // Транспорт Российской Федерации. — 2009. — № 3–4 (22–23). — с.30–35.
7. ГОСТ Р ИСО 14813–1–2011. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы <http://docs.cntd.ru/document/1200086739> (дата обращения 12.04.2017).
8. ГОСТ Р 56 294–2014. Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектуре интеллектуальных транспортных систем [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации. — Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200115739> (дата обращения 12.04.2017).
9. A Microscopic Simulation of Evacuation Model Considering Car-Following Behavior under Flood / Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.8, 2010 [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://www.easts.info/publications/journal\\_proceedings/journal2010/100128.pdf](http://www.easts.info/publications/journal_proceedings/journal2010/100128.pdf) (дата обращения 12.04.2017).