

УДК 004.5

Е. В. БРЕЖНЕВ, В. С. МАНУЛИК, В. С. ХАРЧЕНКО, А. А. ОРЕХОВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ", Украина

АНАЛИЗ АСПЕКТОВ БЕЗОПАСНОСТИ КООПЕРАТИВНЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ОБЛАЧНЫХ СИСТЕМ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ

Интеллектуальные транспортные системы обеспечивают реализацию парадигмы активной безопасности и принципы построения человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) для транспортных средств (ТС). В статье дается обзор подходов к построению ЧМИ на основе облачных вычислений, формулируется концепция безопасных кооперативных человеко-машинных интерфейсов. Предлагаются варианты их реализации для повышения безопасности и снижения рисков аварий ТС путем оперативного обмена данными о состоянии бортовых систем (Advanced Driver Assistance Systems), водителей и дорожной ситуации в зоне потенциальной опасности.

Ключевые слова: транспортные средства, интеллектуальные транспортные системы, человеко-машинный интерфейс, безопасность, облачные вычисления.

Введение

Согласно данным, представленным в [1], в 32 странах-членах International Road Traffic and Accident Database (IRTAD) был зафиксирован рост числа дорожных инцидентов в 19 странах. В целом же, количество происшествий сократилось более чем на 42 % в период с 2000 по 2014 гг. в странах IRTAD. В некоторых странах, таких как Испания, падение составило 70 % (таблица 1). Причины такого улучшения дорожной ситуации могут быть различными. Они включают в себя реализацию различных стратегий обеспечения безопасности транспортной инфраструктуры (ТИ), пересмотр существующих стандартов её функционирования, изменения финансовой ситуации и т.д.

Несмотря на позитивную тенденцию последних лет, низкая безопасность транспортных средств (ТС), и, как следствие, большое количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) по-прежнему является одним из базовых причин гибели и травм водителей и пассажиров. Приведенная выше статистика применима в первую очередь к странам-участникам IRTAD. В тоже время, статистика ДТП в развивающихся странах довольно высока (около 90% от общего числа катастроф). Так, по прогнозам Международной организации здравоохранения к 2030 году в прогнозируемом числе ДТП может погибнуть уже более двух с половиной миллионов человек [2].

В общем виде безопасность ТС определяется:

- надежностью его систем;
- правильностью (корректностью) деятельности водителей, причем, во втором случае действия напрямую влияют как на безопасность самого участника дорожного движения, так и на безопасность других ТС, движущихся в общем потоке.

Внедрение информационных и коммуникационных технологий позволяет снижать риски и повышать безопасность ТС в интеллектуальной транспортной системе (ИТС).

Архитектура ИТС представлена на рис. 1. В ее состав включаются станции ИТС ТС. Они обмениваются информацией между собой (vehicle-to-vehicle, V2V) и станциями ИТС (vehicle-to-infrastructure, V2I) которые, в свою очередь, тоже осуществляют обмен информацией между собой (infrastructure-to-infrastructure, I2I).

На базе этого комплекса возможно функционирование различных приложений: глобальные, основанные на обмене информацией между ИТС ТС и ТИ – систем управления дорожным движением (traffic management systems); локальных – усовершенствованных систем помощи водителю ТС в движении (Advanced Driver Assistance Systems) [3].

Также существуют кооперативные приложения. Они позволяют интегрировать все вышеперечисленные системы в единый комплекс, тем самым обеспечивая комплексное решение проблемы снижения рисков в ИТС.

Таблица 1

Данные ежегодного отчета International Transport Forum 2016 [1]

Страна	Дорожно-транспортные происшествия со смертельным исходом					2014, изменение в % от		Среднее геометрическое изменение, %
	2014	2013	2012	2011	2010	2013	2010	
Аргентина	5279	5209	5074	5040	5094	1,3	3,6	0,9
Австралия	1155	1185	1301	1278	1352	-2,5	-14,6	-3,9
Австрия	430	455	531	523	552	-5,5	-22,1	-6,1
Бельгия	727	724	770	861	840	0,4	-13,5	-3,5
Канада	1834	1951	2065	2023	2238	-6,0	-18,1	-4,9
Чили	2119	2110	1980	2045	2074	0,4	2,2	0,5
Чешская Республика	688	654	742	773	802	5,2	-14,2	-3,8
Дания	182	191	167	220	255	-4,7	-28,6	-8,1
Финляндия	229	258	255	292	272	-11,2	-15,8	-4,2
Франция	3384	3268	3653	3963	3992	3,5	-15,2	-4,0
Германия	3377	3339	3600	4009	3648	1,1	-7,4	-1,9
Греция	795	879	988	1141	1258	-9,6	-36,8	-10,8
Венгрия	626	591	605	638	740	5,9	-15,4	-4,1
Исландия	4	15	9	12	8	-73,3	-50,0	-15,9
Ирландия	193	188	162	186	212	2,7	-9,0	-2,3
Израиль	279	277	261	341	352	0,7	-20,7	-5,6
Италия	3381	3401	3753	3860	4114	-0,6	-17,8	-4,8
Япония	4838	5165	5261	5535	5828	-6,3	-17,0	-4,5
Корея	4762	5092	5392	5229	5505	-6,5	-13,5	-3,6
Литва	267	258	301	296	299	3,5	-10,7	-2,8
Люксембург	35	45	34	33	32	-22,2	9,4	2,3
Нидерланды	570	570	562	546	640	0,0	-10,9	-2,9
Новая Зеландия	295	253	308	284	375	16,6	-21,3	-5,8
Норвегия	147	187	145	168	208	-21,4	-29,3	-8,3
Польша	3202	3357	3571	4189	3908	-4,6	-18,1	-4,9
Португалия	638	637	718	891	937	0,2	-31,9	-9,2
Словения	108	125	130	141	138	-13,6	-21,7	-5,9
Испания	1688	1680	1903	2060	2478	0,5	-31,9	-9,2
Швеция	270	260	285	319	266	3,8	1,5	0,4
Швейцария	243	269	339	320	327	-9,7	-25,7	-7,2
Великобритания	1854	1770	1802	1960	1905	4,7	-2,7	-0,7
США	32675	32894	33782	32479	32999	-0,7	-1,0	-0,2

Компаниями – разработчиками на рынке ИТС водителю предлагается множество усовершенствованных систем помощи водителю [4, 5]. Подобные системы, например, системы предупреждения о столкновении (Collision Avoidance Systems), системы помощи при парковке (Automatic Parking Systems), предназначены для повышения безопасности во время движения и снижения нагрузки (физической, психоэмоциональной и пр.) на водителя [6].

Предоставление такой информации приводит к

повышению ситуационной осведомленности (situation awareness) водителя ТС. Осведомленность предполагает наличие оперативной информации о состоянии ТС и текущей дорожной обстановке. Достаточный уровень ситуационной осведомленности необходим для оценки рисков и анализа опасностей, планирования, целеполагания, пр. Это обеспечивается мониторингом состояния различных объектов вокруг ТС, как с помощью органов чувств водителя, так и с помощью RTTI.

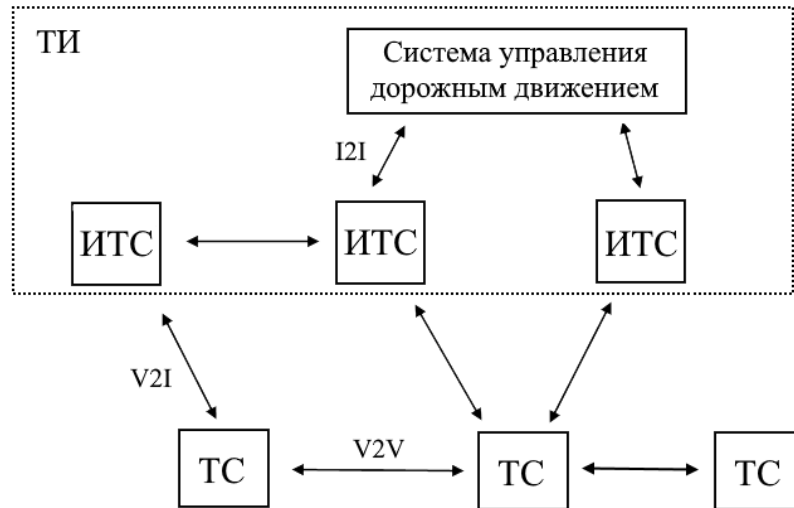


Рис. 1. Архитектура информационной транспортной системы

Кроме того, повышение ситуационной осведомленности водителя приводит к снижению рисков столкновений, опрокидываний и т.д., поскольку существует возможность выявления и прогнозирования опасных ситуаций, определения мер по их снижению в реальном времени. Так, например, на основе данных RTTI проводится прогнозирование множества небезопасных траекторий движения соседних ТС, зон динамического риска, зон “комфорта” данного ТС и пр. Большое значение для повышения ситуационной осведомленности имеют вопросы проектирования безопасных адаптивных человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) [7, 8].

При этом речь идет о нескольких сторонах безопасных ЧМИ: во-первых, разработке и оценивании интерфейсов в соответствии к требованиям нормативных документов и стандартов по безопасности на каждом этапе проектирования; во-вторых, представлении водителю сжатой информации об объектах в зоне движения ТС, которые могут представлять для него опасность (Area of potential hazard (APH)).

Также необходимо учитывать способность ЧМИ подстраиваться под дорожную ситуацию непосредственно во время движения, учитывать состояние водителя, его особенности, опыт вождения, особенности его поведения в критических ситуациях, привычки, необходимый объем функциональности для выполнения действий, связанных с риском и учетом возможных последствий и пр., т.е. повышение его адаптивности, оценивать интерфейс на основе анализа результатов работы операторов; оценивать работоспособность интерфейса на основе модели человеческих познавательных процессов [9, 10].

Высокий объем данных, используемый в ИТС, расширяет возможности анализа сложившейся ситуации на дороге. Следовательно, необходимо повышать доступность достоверной информации для всех участников дорожного движения. При этом, возрастают требования к вычислительным мощностям для хранения, анализа и обработки данных. Эти мощности, как правило, не являются доступными даже для современных вычислительных средств, размещенных на борту ТС.

Надежность бортовых программных и аппаратных средств также является дополнительным фактором безопасности ТС. Необходимо рассматривать дополнительные меры повышения надежности, включая возможности использования современных облачных вычислений для обработки информации в ИТС.

Целью данной статьи является анализ аспектов безопасности кооперативных человеко-машинных интерфейсов для облачных систем помощи водителю в ключе разработки элементов технологии создания безопасных кооперативных ЧМИ на основе облачных вычислений в ИТС для динамического оценивания и обеспечения безопасности ТС.

1. Методы анализа безопасности в ИТС для повышения ситуационной осведомленности водителя ТС

Одной из главных особенностей ИТС будет являться способность прогнозировать риски и оценивать безопасность ТС. Эта способность будет обеспечена за счет использования различного рода моделей и методов динамического анализа безопасности.

Входными данными для этих моделей и методов будут данные, поступающие от ИТС других ТС или ТИ в целом. Программные средства бортовой станции ИТС, должны обеспечивать решение базовых задач оценки рисков, выявления и прогнозирования опасностей, повышения ситуационной осведомленности водителя в реальном масштабе времени, так и осуществлять сбор информации о состоянии дороги, водителя и ТС для передачи ее ТИ и другим ТС. Это и позволит осуществлять эффективный анализ текущей ситуации с помощью данного метода.

В настоящее время для динамической оценки безопасности и анализа рисков ТС используются множество методов. К основным из них, относятся:

- традиционные методы, используемые при анализе безопасности сложных систем. К ним относятся FMESA, ETA, FTA, HAZOP и их расширения для задач динамического анализа;

- методы, основанные на теории Systems-Theoretic Accident Modeling and Processes (STAMP) [11]. Их адаптация для анализа безопасности ТС основана на допущении, что аварии возникают как следствие неадекватного контроля со стороны, например, усовершенствованных систем помощи водителю. Категориями неадекватности управления в этом случае являются: несоответствие, несвоевременность команды, пр.;

- методы, основанные на использовании Байесовских сетей доверия (БСД) [Использование БСД позволяет учесть множество факторов, влияющих на безопасность ТС, например, характеристики дорожного покрытия, транспортного потока, погодных условий, состояние водителя (опыт, возраст, физическое состояние, отклонение поведения от типичного шаблона, и пр.), тип ТС и т.д.; для динамического анализа безопасности может быть использована динамическая БСД;

- методы, основанные на мультиагентном имитационном моделировании, в которых ИТС рассматривается как система, образованная несколькими взаимодействующими интеллектуальными агентами, имеющими цели, задачи, стратегии поведения, пр. [12];

- методы искусственного интеллекта. Эта группа методов применяется в основном для автономных транспортных средств (без водителя) [13].

При анализе безопасности могут также быть использованы динамические матрицы критичности, позволяющую прогнозировать риски в терминах вероятности и тяжести с учетом аспекта пересечения зон “комфорта” ТС [14].

Применение этих методов для анализа рисков в реальном времени позволяет повысить ситуационную осведомленность водителя, прогнозировать опасные ситуации, обеспечить поддержку принятия решений в условиях высокой динамики дорожной обстановки, обмена данными между распределенными станциями ИТС.

Таким образом, обмен информацией между ИТС станциями позволил бы существенно повысить безопасность и коллективную осведомленность всех участников движения (все о всех).

2. ЧМИ и системы помощи водителю в ИТС

2.1. Системы помощи водителю

Вопросам человеческого фактора и ЧМИ в ИТС уделяется много внимания [5, 15]. Так, в [15] отмечается, что ЧМИ будет одним из главных фокусов, на который будут направлены исследования в ближайшее время в области транспортной безопасности.

Автомобильные компании предлагают целый набор усовершенствованных систем помощи водителю [5], например, таких как:

- система предупреждения о столкновении (Collision Warning);

- система обнаружения пешеходов (Pedestrian Detection);

- система предупреждения водителя о наличии автомобилей в “мертвых зонах (Blind Spot Information System);

- система предупреждения о сходе с полосы движения (Lane Departure Warning);

- система контроля усталости водителя (Driver Alert);

- система поддержания бдительности водителя (driver hypo-vigilance systems);

- система оповещения о превышении скорости (speed alert);

- система, препятствующая управлению автомобилем в нетрезвом виде «алкогольного замка» (alcohol-lock).

Для эффективного использования подобных систем необходимо, чтобы ЧМИ, который поддерживает взаимодействие между водителем и ТС, снижал негативное влияние ошибок на безопасность, позволял бы избегать неправильной трактовки информации, предоставляемой системой. Так же следовало бы учитывать возможность внесения дополнительных ошибок самим ЧМИ.

2.2. Разработка ЧМИ

В [16] предлагаются принципы проектирования автомобильных информационных систем (In-Vehicle Information System, IVIS). Системы не должны отвлекать водителя, а информация, которую они передают водителю, должна быть предсказуемой и управляемой. Важно, чтобы взаимодействие с информационными системами не перегружало и не отвлекало водителя ТС. Системы должны передавать информацию в краткой и понятной форме.

Системы, с которыми необходимо взаимодействовать водителю, должны быть простыми в использовании и всегда поддерживать водителя при выполнении главной задачи, состоящей в безопасном вождении ТС. Хорошая система ЧМИ снижает информационную нагрузку на водителя, помогая выбрать наиболее релевантную и важную информацию.

Как отмечается в [16], проектирование безопасного ЧМИ должно учитывать необходимость интегрировать перемещаемые устройства (nomadic devices) и обеспечить безопасность наиболее уязвимых участников дорожного движения (таких, как пожилые люди). В число перемещаемых устройств входит информационное и коммуникационное оборудование - мобильный телефон, навигационная система, карманный компьютер и т. д. Все эти устройства представляют собой типичный пример информационных систем ТС.

Использование перемещаемых устройств, может быть не согласовано с ЧМИ ТС, особенно, при использовании сторонних производителей. Следует отметить, что в будущем следует ожидать появление большего числа новых систем с различными тактильными, визуальными и слуховыми методами коммуникации с водителями. Поэтому все риски, связанные с использованием подобных систем, должны быть оценены.

Рекомендации по проектированию безопасных ЧМИ ТС (Recommended Methodology for a preliminary safety analysis of the HMI of an IVIS) предлагаются в [17]. Среди целей программы этих исследований в можно выделить следующие:

- определить и исследовать сценарии, в которых вопросы безопасности наиболее важными и актуальными;
- изучить связи между нагрузкой задачи и риском в контексте этих сценариев;
- понять механизмы повышения риска в условиях отвлечения и снижения ситуационной осведомленности водителя;

- определить показатели риска;
- применить существующие методы оценки риска для реальных ТС;
- рассмотреть возможные причины опасностей информационных систем, связанные с надежностью и безопасностью.

2.3. Адаптивные ЧМИ

Одним из аспектов повышения безопасности ТС является использование адаптивного ЧМИ. Под адаптивным, условимся понимать такой ЧМИ, который в зависимости от ситуации может изменять: содержание представляемой информации, форму ведения диалога, распределение задач между человеком и машиной, скорость адаптации. В качестве факторов, инициирующих и влияющих на адаптацию, обычно рассматриваются следующие: текущая ситуация, решаемая задача и характеристики пользователя [18].

В таком случае, должна обеспечиваться взаимная адаптация водителя и интерфейса, которым он пользуется. Это актуально для сложных информационных систем, отличающихся использованием множества параметров, характеризующих пользователя, окружающую среду, информационную систему и другие факторы.

Применительно к задаче оценивания безопасности ТС адаптивный интерфейс может представлять собой совокупность программных и аппаратных средств, обеспечивающих водителя (в зависимости от его индивидуальных особенностей, текущего состояния здоровья, времени суток и т.д.) оптимальной для работы конфигурацией системы с возможностью их корректировки при изменении параметров пользователя. Адаптивный интерфейс самостоятельно настраивает отображение и доступные действия в соответствии с текущими целями и возможностями пользователя, определяемыми в результате контроля его состояния, а также контроля задач и текущей ситуации [19].

2.4. Облачные ИТС

Облачные вычисления используются для получения или передачи данных, обработки больших массивов данных, проведения сложных вычислений. Идея использования облачных услуг в ИТС уже начинает завоевывать популярность [20]. Возможности "облака" также могут влиять на повышение транспортной безопасности.

Под облачной ИТС следует понимать такую ИТС, вычислительные мощности элементов (стан-

цій), которых располагаются в “облаке”.

Реинжиниринг ТС на основе облачных технологий обсуждается в [21]. ТС с системой глобально-го позиционирования, которые подключены к “облаку”, всегда будут осведомлены о своем местоположении и дорожной обстановке. Сегодня некоторые инновационной функции для автомобилей разрабатываются с технологией, использующими доступ в Интернет, например, функции связи ТС-ТС (vehicle-to-vehicle) и ТС-дорога (vehicle-to-road).

Компания Volvo Car Group работает над новыми автомобильными проектами - обмен через “облако” информацией об опасностях на дороге и контроль состояния водителя [22].

Другим примером облачных вычислений является проект, в котором информация о состоянии дороги от отдельных ТС поступает в общую систему на основе “облака”. В режиме реального времени данные о скользких участках на дороге передаются через сеть мобильной связи, чтобы предупредить ТС, которые находятся поблизости. Предупреждение мгновенно передается на другие ТС, которые приближаются к скользкому участку. Это дает возможность водителям принять незамедлительные меры, чтобы избежать критической ситуации.

Другие возможные применения этой технологии – дистанционная диагностика. Данные могут быть заблаговременно переданы, что позволяет устранить неполадки в режиме реального времени [23].

Корпорации Toyota Motor и Panasonic совместно разрабатывают сервис, который свяжет автомобили и бытовую технику через “облако” [24].

3. Кооперативные ЧМИ

3.1. Концепция кооперативного ЧМИ

Как отмечалось выше, кооперативными системами называются такие системы, которые по обмениваются данными с другими автомобилями. Тогда под кооперативным ЧМИ будем понимать интерфейсную систему, распределенную по нескольким автомобилям и также, возможно, в пункте управления дорожной инфраструктурой. На каждом ТС устанавливается дополнительный дисплей или в существующий ЧМИ встраивается дополнительный компактный сектор для представления информации о безопасности в АРН, который сообщает информацию об уровне безопасности. Эта информация (в виде матрицы безопасности) формируется динамически, с учетом информации о каждом автомобиле (состояние ТС, водителя), который находится в зоне опасности, а также о таких факторах, как состояние

дорожного полотна, погодные условия и т.д.

Кооперативный ЧМИ (КЧМИ) должен быть адаптивным, чтобы подстраивать отображение информации под возможности и потребности водителя. Свойство адаптивности в ЧМИ может проявляться в нескольких формах: изменения содержания представляемой информации, ведения диалога, распределения задач между человеком и машиной, скорости адаптации [25].

Так же, должна существовать возможность обратной связи - так, например, если водитель начинает засыпать, то его необходимо разбудить и сообщить об этом водителям автомобилей, находящихся поблизости.

3.2. Облачные КЧМИ

Один из вариантов построения кооперативных ЧМИ – использовать технологию облачных вычислений. Кооперативный ЧМИ пересылает измеряемые значения параметров состояния ТС и водителя в режиме реального времени через Интернет в сервисы, расположенные в «облаке». Здесь данные от всех автомобилей динамически анализируются и передаются всем участникам дорожного движения. Возможны два подхода к обработке информации: фильтрация и группировка данных для каждого участника движения, и более сложный, включающий в себя генерацию советов, управляющих сигналов для ТС с помощью облачных вычислений. В первом случае, выводы будут совершаться только лишь водителем либо, возможно будет производиться дополнительная обработка силами бортовой системы самого ТС. Второй случай предполагает широкий спектр дополнительных возможностей, однако перераспределяет ответственность от водителя к ядру сети.

В рамках каждого из описанных подходов возможны различные исполнения, в первую очередь по глубине обработки информации. Так, в вырожденном случае, когда информация с первого ТС (например, его скорость) просто отображается на ЧМИ второго ТС, «облако» является лишь каналом информационного сообщения участников движения.

При разработке ЧМИ важными являются вопросы: оптимизации информации необходимой водителю для безопасного режима движения; определения форм отображения информации стимулируют водителя; контроля и предотвращения ослабления внимания водителя.

Ответы на эти вопросы выходят за рамки данной статьи и определяют направления дальнейших исследований.

Заключення

В статье проанализированы информационные системы ТС, а также усовершенствованные системы помощи водителю и принципы построения ЧМИ для таких систем: безопасность, адаптивность и ситуативная релевантность. Предложена концепция безопасных КЧМИ, построенная на основе использования облачной интеллектуальной транспортной платформы и варианты ее реализации для повышения безопасности ТС. Такие системы могут обеспечивать принципиально иной уровень безопасности ТС благодаря динамическому мониторингу и рассылке информации о безопасности в пределах потенциально опасных зон.

Далее целесообразно исследовать возможности введения функций активной безопасности посредством введения управляющих функций вычислительного ядра системы для управления ТС, например, для принудительного торможения и остановки.

Литература

1. OECD/ITF (2016), *Road Safety Annual Report 2016* [Text]. – Paris : OECD Publishing, 2015. – С. 22.
2. Степанов, В. Организация перевозок. Транспорт с интеллектом и две главные беды [Текст] / В. Степанов // *Автоперевозчик*. – 2009. – № 9(108). – С. 78.
3. Нестеров, В. И. Архитектура современных зарубежных интеллектуальных транспортных систем [Текст] / В. И. Нестеров, А. В. Косолапов. // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. – Кемерово, 2004. – № 6.2. – С. 70–75.
4. Opel и проект UR:VAN: повышение уровня безопасности и экономичности при движении в городских условиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://media.gm.com/media/ru/ru/gm/news_detail.html/content/Pages/news/ru/ru/2014/opel/05-14-urban-driving.html. – 23.06.2016.
5. Какие технические инновации Volvo внедрила за последние 10 лет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autoconsulting.com.ua/article.php?sid=20720>. – 28.06.2016.
6. «Тойота Мотор Корпорэйшн» (Япония) представляет новые системы безопасности автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.major-toyota.ru/news.html. – 26.06.2016.
7. Orekhova, A. A. *Information technology security evaluation of Human machine interfaces I&C systems* [Text] / A. A. Orekhova // *Information processing systems*. – 2013. – vol. 1 (108). – P. 267 – 271.
8. Orekhova, A. A. *Safety case-oriented assessment of human-machine interface for NPP I&C system* [Text] / A. A. Orekhova, V. S. Kharchenko and V. Tilinskiy // *Reliability: Theory & Applications*. – 2013. – vol. 3 (26). – P. 27 – 38.
9. Danying, Gu. *Study on a methodology of human factor engineering operating experience review for nuclear power plant* [Text] / Danying Gu, Shuhui Zhang, Zhonghe Ning // *Proceedings of the 18th International Conference on Nuclear Engineering ICONE18, Xi'an, China, May 17-21*. – Xi'an, 2010. – P. 723-730.
10. Орехова, А. О. Аналіз вимог до інтерфейсів інформаційно-управляючих систем АЕС [Текст] / А. О. Орехова, В. С Харченко // *Вісник ХНТУ ім. Петра Василенка. Технічні науки. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України"*. – Харків : ХНТУСГ, 2010. – Вип. 102. – С. 109-111.
11. Levenson, N. *Systems-Theoretic Accident Modeling and Processes (STAMP)* / N. Levenson // *Safety Science*. – Amsterdam, 2014. – vol. 4. – P. 237-270.
12. *Cooperative highway traffic: multi-agent modeling and robustness assessment to local perturbations* [Text] / J. Monteil, R. Billot, J. Sau, F. Armetta, S. Hassas // *Proceedings of 92 Annual Meeting of the Transportation Research Board*. – Washington, 2013. – P. 24.
13. Charissis, V. *Artificial Intelligence Rationale for Autonomous Vehicle Agents Behaviour in Driving Simulation Environment* [Text] / Vassilis Charissis, Stylianos Papanastasiou // *Advances in Robotics, Automation and Control*. – Vienna, 2008. – P. 472.
14. Brezhnev, E. V. *Dynamical and Hierarchical Criticality Matrixes-Based Analysis of Power Grid Safety* [Text] / E. V. Brezhnev, V. S. Kharchenko, etc. // *Proceeding of ANS PSA 2011 International Topical Meeting on Probabilistic Safety Assessment and Analysis*. – Wilmington, 2011. – P. 1137-1149.
15. *Cars In The Future : Human Machine Interface* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rospra.com/roadsafety/policy/carsinthefuture/human-machine-interface.aspx>. – 22.06.2016.
16. *European Statement of Principles for in-vehicle information and communication systems* [Text]. – Brussels : Commission of the European Communities, 2007. – P. 202-242.
17. Fowkes, M. *Recommended Methodology for a preliminary safety analysis of the HMI of an IVIS* [Text] / M. Fowkes, D. D. Ward, P. Jesty. – 2005. – Deliverable 4. – P. 5-61.
18. Rothrock, L. *Review and reappraisal of adaptive interfaces: toward biologically inspired paradigms* [Text] / L. Rothrock [et al.] // *Theoretical issues in ergonomics science*. – 2002. – № 3 (1). – P. 47 – 84.

19. Анохин, А. Н. Принципы адаптивного интерфейса [Текст] / А. Н. Анохин // Труды Международной научно-практической конференции «Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014» / Межрегиональная эргономическая ассоциация. – СПб., 2014. – С. 353-359.

20. Justin Stoltzfus Cloud Computing for Vehicles: Tomorrow's High-Tech Car [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.techopedia.com/2/28137/trends/cloud-computing/cloud-computing-for-vehicles-tomorrows-high-tech-car>. – 26.06.2016.

21. Cloud Computing can Reengineer the Car Interiors [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cbrdigital.com/2012/01/16/cloud-computing-can-reengineer-the-car-interiors.html>. – 25.06.2016.

22. Lynn Walford Volvo New Connected Car Features-Magnets, Real-Time Cloud Road Data & Driver Sensing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autconnectedcar.com/2014/03/volvo-new-connected-car-features-magnets-real-time-cloud-road-data-driver-sensing>. – 26.06.2016.

23. Michael Sheehan Cloud Computing Cars and Mobile Devices [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scoop.intel.com/cloud-computing-cars-and-mobile-devices/>. – 27.06.2016.

24. Тойота и Panasonic разрабатывают облачный сервис, который свяжет автомобили и бытовую технику [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://panasonic.ru/press_center/news/detail/464204. – 01.07.2016.

25. Anokhin, A. N. Adaptive human-system interface for control of complex systems (in application to nuclear power plant) [Text] / A. N. Anokhin and E. C. Marshall // Book of abstracts of the 21st European Meeting on Cybernetics and System Researches, EMCSR 2012, 10-13 April, 2012. – Vienna, 2012. – P. 185-188.

26. The Cooperative Human-Machine Interfaces for Cloud-Based Advanced Driver Assistance Systems: Dynamic Analysis and Assurance of Vehicle Safety [Text] / V. S. Kharchenko, A. A. Orekhov, E. V. Brezhnev, A. A. Orekhova, V. S. Manulik // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'14), September 26–29, 2014. – Kiev, 2014. – P. 72-77.

References

1. OECD/ITF (2016), Road Safety Annual Report 2016, Paris, OECD Publishing Publ., 2016, pp. 22.

2. Stepanov, V. Organizatsiya perevozok Transport s intellektom i dve glavnye body [Organization of transportation. Intellectual vehicles and the two major troubles]. *Avtoperevozchik*, 2009, no. 9(108), pp. 78. (In Russian).

3. Nesterov, V. I., Kosolapov, A. V. Arkhitektura sovremennykh zarubezhnykh intellektual'nykh trans-

portnykh sistem [Architecture of modern foreign intelligent transport systems]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universitetayu – Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. Kemerovo, 2004, no. 6.2, 2004, pp. 70–75. (In Russian).

4. Opel i proekt UR:BAN: povyshenie urovnya bezopasnosti i ekonomichnosti pri dvizhenii v gorodskikh usloviyakh [Opel and URBAN project: increasing the level of safety and efficiency in urban driving conditions]. Available at: <http://media.gm.com/media/ru/ru/gm/news.detail.html/content/Pages/news/ru/ru/2014/opel/05-14-urban-driving.html> (accessed 23.06.2016). (In Russian).

5. Kakie tekhnicheskie innovatsii Volvo vnedrila za poslednie 10 let [What technical innovations Volvo introduced over the past 10 years]. Available at: <http://www.autoconsulting.com.ua/article.php?sid=20720> (accessed 28.06.2016). (In Russian).

6. «Toyota Motor Korporatsiya» (Japoniya) predstavlyaet novye sistemy bezopasnosti avtomobilej [“Toyota Motor Corporation” (Japan) introduced the new vehicle safety systems]. Available at: <http://www.major-toyota.ru/news.html> (accessed 26.06.2016). (In Russian).

7. Orekhova, A. A. Information technology security evaluation of Human machine interfaces I&C systems. *Information processing systems*, 2013. vol. 1 (108), pp. 267 – 271.

8. Orekhova, A. A., Kharchenko, V. S., Tilinskiy, V. Safety case-oriented assessment of human-machine interface for NPP I&C system. *Reliability: Theory & Applications*, 2013, vol. 3 (26), pp. 27 – 38.

9. Danying, Gu., Shuhui, Zhang., Zhonghe, Ning. Study on a methodology of human factor engineering operating experience review for nuclear power plant. *Proceedings of the 18th International Conference on Nuclear Engineering ICONE18*, Xi'an, China, May 17-21. Xi'an, 2010, pp.723-730.

10. Orekhova, A. A., Kharchenko, V. S. Analiz vymoh do interfeysiv informatsiyno-upravlyayuchykh system AYeS [Analysis interfaces information and control systems of nuclear power plants] *Visnyk XNTU im. Petra Vasylenka. Texnichni nauky*. “Problemy energozabezpechennya ta energozberezhennya v APK Ukrainy” – Bulletin of the KNTU. Petro Vasilenko. *Engineering. "The problems of energy supply and energy efficiency in agriculture of Ukraine"*. Kharkiv, HNTUSG Publ., 2010, no. 102, pp. 109-111. (In Ukrainian).

11. Levenson, N. Systems-Theoretic Accident Modeling and Processes (STAMP). *Safety Science*. Amsterdam, 2014, vol. 4, pp. 237-270.

12. Monteil, J., Billot, R., Sau, J., Armetta, F., Hassas, S. Cooperative highway traffic: multi-agent modeling and robustness assessment to local perturbations. *Proceedings of 92 Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington, 2013, pp. 24.

13. Charissis, V., Papanastasiou, S. Artificial Intelligence Rationale for Autonomous Vehicle Agents Behaviour in Driving Simulation Environment. *Advances in Robotics, Automation and Control*, Vienna, 2008, pp. 472.
14. Brezhnev, E. V., Kharchenko, V. S. Dynamical and Hierarchical Criticality Matrixes-Based Analysis of Power Grid Safety. *Proceeding of ANS PSA 2011 International Topical Meeting on Probabilistic Safety Assessment and Analysis*, Wilmington, 2011, pp. 1137-1149.
15. *Cars In The Future : Human Machine Interface*. Available at: <http://www.rospa.com/roadsafety/policy/carsinthefuture/human-machine-interface.aspx> (accessed 22.06.2016).
16. *European Statement of Principles for in-vehicle information and communication systems*. Brussels, Commission of the European Communities Publ., 2007, pp. 202-242.
17. Fowkes, M., Ward, D. D., Jesty, P. *Recommended Methodology for a preliminary safety analysis of the HMI of an IVIS*, 2005, vol. 4, pp. 5-61.
18. Rothrock, L., Koubek, R., Fuchs, F., Haas, M., Salvendy, G. Review and reappraisal of adaptive interfaces: toward biologically in-spired paradigms. *Theoretical issues in ergonomics science*, 2002, no. 3 (1), pp. 47 – 84.
19. Anokhin, A. N. Principy adaptivnogo interfejsa. [The principles of adaptive interface]. *Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Psihologija truda, inzhenernaja psihologija i jergonomika 2014» – Proceedings of the International scientific and practical conference "Work Psychology, engineering psychology and ergonomics 2014"*. Saint-Petersburg, IREA Publ., 2014, pp. 353-359. (In Russian).
20. Justin Stoltzfus *Cloud Computing for Vehicles: Tomorrow's High-Tech Car*. Available at: <http://www.techopedia.com/2/28137/trends/cloud-computing/cloud-computing-for-vehicles-tomorrows-high-tech-car> (accessed 26.06.2016).
21. *Cloud Computing can Reengineer the Car Interiors*. Available at: <http://www.cbrdigital.com/2012/01/16/cloud-computing-can-reengineer-the-car-interiors.html> (accessed 25.06.2016).
22. Lynn Walford *Volvo New Connected Car Features-Magnets, Real-Time Cloud Road Data & Driver Sensing*. Available at: <http://www.autoconnectedcar.com/2014/03/volvo-new-connected-car-features-magnets-real-time-cloud-road-data-driver-sensing> (accessed 26.06.2016).
23. Michael Sheehan *Cloud Computing Cars and Mobile Devices*. Available at: <http://scoop.intel.com/cloud-computing-cars-and-mobile-devices> (accessed 27.06.2016).
24. *Tojota i Panasonic razrabatyvajut oblachnyj servis, kotoryj svjazhet avtomobili i bytovuju tehniku* [Toyota and Panasonic are developing cloud service to link cars and household appliances]. Available at: http://panasonic.ru/press_center/news/detail/464204 (accessed 01.07.2016). (In Russian).
25. Anokhin, A. N. Marchall, E. C. Adaptive human-system interface for control of complex systems (in application to nuclear power plant). *Book of abstracts of the 21st European Meeting on Cybernetics and System Researches, EMCSR 2012*, 10-13 April, 2012, Vienna, 2012, pp. 185-188.
26. Kharchenko, V. S., Orekhov, A. A., Brezhnev, E. V., Orekhova, A. A., Manulik, V. S. The Cooperative Human-Machine Interfaces for Cloud-Based Advanced Driver Assistance Systems: Dynamic Analysis and Assurance of Vehicle. *Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'14)*, September 26–29, 2014, Kiev, 2014, pp. 72-77.

Поступила в редакцію 25.07.2016, рассмотрена на редколлегии 16.09.2016

АНАЛІЗ АСПЕКТІВ БЕЗПЕКИ КООПЕРАТИВНИХ ЛЮДИНО-МАШИНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ ДЛЯ ХМАРНИХ СИСТЕМ ДОПОМОГИ ВОДІЄВИ

Є. В. Брежнев, В. С. Манулік, В. С. Харченко, О. О. Орехов

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) забезпечують реалізацію парадигми активної безпеки та принципи побудови людино-машинних інтерфейсів (ЧМІ) для транспортних засобів (ТЗ). У статті дається огляд підходів до побудови таких систем на основі хмарних обчислень, формулюється концепція безпечних кооперативних людино-машинних інтерфейсів (КЧМІ). Пропонуються варіанти їх реалізації для підвищення безпеки і зниження ризиків аварій ТЗ шляхом оперативного обміну даними про стан бортових систем, таких як Advanced Driver Assistance Systems, водіїв і дорожньої ситуації в зоні потенційної небезпеки.

Ключові слова: транспортні засоби, інтелектуальні транспортні системи, людино-машинний інтерфейс, безпека, хмарні обчислення.

ANALYSIS OF SAFETY ASPECTS OF COOPERATIVE HUMAN-MACHINE INTERFACES FOR CLOUD-BASED ADVANCED DRIVER ASSISTANCE SYSTEMS***E. V. Brezhnev, V. S. Manulik, V. S. Kharchenko, O. O. Orekhov***

Intelligent transport systems (ITS) ensure the implementation of active safety paradigms and principles of human-machine interfaces (HMI) for vehicles. An overview of approaches to the construction of such systems based on cloud computing is provided. The concept of safe cooperative human-machine interfaces (CHMI) is formulated. Variants of implementation for safety improvement and reducing of risk of vehicle accidents by means of rapid data exchange about driver's state, information about onboard systems state (such as Advanced Driver Assistance Systems) and traffic situation in the zone of potential danger and are suggested.

Keywords: vehicles, intelligent transport systems, human-machine interface, security, cloud computing.

Брежнев Евгений Витальевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерных систем и сетей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: milestone@list.ru.

Манулик Вячеслав Сергеевич – аспирант кафедры компьютерных систем и сетей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: viacheslav.manulik@gmail.com.

Харченко Вячеслав Сергеевич – д-р техн. наук, проф., проф. кафедры компьютерных систем и сетей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: v_s_kharchenko@ukr.net.

Орехов Александр Александрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерных систем и сетей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: a_orehov@rambler.ru.

Brezhnev Evgenii Vitalyevich – Candidate of Technical Science, Assistant Professor of Dept. Of Computer Systems and Networks, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: milestone@list.ru.

Manulik Viacheslav Sergeevich – graduate student of Dept. Of Computer Systems and Networks, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: viacheslav.manulik@gmail.com.

Kharchenko Viacheslav Sergeevich – Doctor of Technical Science, Professor, Professor of Dept. Of Computer Systems and Networks, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: v_s_kharchenko@ukr.net.

Orekhov Aleksandr Aleksandrovich – Candidate of Technical Science, Assistant Professor of Dept. Of Computer Systems and Networks, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: a_orehov@rambler.ru.