НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Г.В. Заболотников¹, канд. геогр. наук

¹Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, Санкт-Петербург, Россия

NEW APPROACHES TO SECURITY OF AUTOMOBILE MOVEMENT IN ADVERSE WEATHER CONDITIONS

G.V. Zabolotnikov¹, Cand.Sc.

¹Saint-Petersburg State University of Civil Aviation, St. Petersburg, Russia

В докладе представлены новые подходы к решению актуальной проблемы повышения безопасности автомобильного транспорта на основе реализации современных технологий сбора, обработки и доведения непосредственно до водителей транспортных средств оперативной информации об опасных метеорологических условиях дорожного движения по маршруту следования.

The report presents new approaches to the solution of the urgent problem of improving the safety of motor transport on the basis of the implementation of modern technologies for collecting, processing and bringing directly to vehicle drivers operational information on hazardous meteorological conditions of the road along the route.

Современный подход к решению актуальной проблемы повышения безопасности движения по автомагистралям в неблагоприятных погодных условиях заключается в создании автоматизированной системы метеорологического обеспечения (АСМО) на основе реализации современных технологий сбора, обработки и доведения непосредственно до водителей транспортных средств (ТС) результатов мониторинга дорожной обстановки.

Недостатком реализуемых в настоящее время подходов к специализированному метеорологическому обеспечению (ГМО) автомобильного транспорта является:

- Ограниченное использование потенциальных возможностей современных средств мониторинга погодных условий. АСМО в современном виде преимущественно ориентировано в направлении оптимизации работ дорожных служб при зимнем содержании автомобильных дорог. [1, 2, 3]

- Недостаточное внимание к такому направлению развития АСМО, как своевременное информирование участников и органов управления дорожным движением о возникновении типичных для теплого сезона года, как периода с повышенным количеством ДТП, опасных явлений погоды в целях принятия превентивных мер по обеспечению безопасности движения.

- Ограниченное использование в задачах ГМО автомобильного транспорта современных технологий получения метеорологической информации посредством метеорологических радиолокаторов (МРЛ).

Перспективным направлением развития АСМО, является решение проблем связанных с доведением в режиме реального времени оперативной информации о неблагоприятных погодных условиях по маршруту движения непосредственно до водителей ТС, а так же органов управления автомобильным трафиком, в том числе на основе использования технологий сверхкраткосрочного прогнозирования опасных явлений погоды.

Актуальность направления совершенствования системы специализированного ГМО автотранспорта именно в летний период подтверждается выявленной авторами [4] зависимости, заключающейся в большом летнем максимуме и большом зимним минимуме повторяемости дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Одной из причин роста количества ДТП в летний период является воздействие на безопасность функционирования автотранспорта опасных явлений погоды, характерных для теплого периода года. Среди опасных явлений погоды, характерных для теплого периода года, особую роль играют ливневые осадки, в первую очередь такой параметр как интенсивность [5].

Главные факторы риска, обусловленные ливневыми осадками применительно движению по автомагистралям, заключаются в следующем:

1. Значительное снижение видимости пути из салона автомобиля вплоть до нескольких десятков метров [6], в том числе вследствие эффекта "заливания" лобового стекла.

2. Значительное уменьшение коэффициента сцепления дорожного покрытия, увеличивающее тормозной путь и негативно сказывающегося на управляемости автомобиля.

3. Увеличение риска полной потери управления автомобилем вследствие возникновения эффекта аквапланирования (глиссирования).

Как показывают расчеты и экспериментальные наблюдения [7], на гладких покрытиях динамическое глиссирование может возникать при глубине слоя воды или слякоти всего лишь в 2 мм – 3 мм. При толщине слоя свыше 10 мм, как правило, его уже нельзя избежать.

Физическая сущность динамического глиссирования состоит в том, что при движении колеса ТС по поверхности автомобильной дороги в условиях наличия на ней сплошного слоя жидкости глубиной не менее критической величины $h_{кр}$ под автомобильной шиной возникает головная волна, оказывающая гидродинамическое давление на пневматику с увеличением скорости движения ТС (например, при разгоне автомобиля) гидродинамическое давление возрастает и при определенной скорости, называемой критической скоростью глиссирования $V_{гл}$, вертикальная составляющая давления сравнивается по величине с вертикальной нагрузкой на колеса. С этого момента колеса как бы "всплывают" и начинают скользить по слою жидкости. Отмечено, что рассматриваемый вид глиссирования может возникать в условиях, когда скорость движения ТС $V_{ТС} > V_{гл}$. Исследованиями установлено, что на возникновение динамического глиссирования наибольшее влияние оказывают такие факторы, как глубина слоя и плотность жидкости, давление в пневматиках колес, рисунок и степень износа протекторов покрышки, а также структура поверхности покрытия [7]. С учетом поддержания оптимального значения давления в автошинах, рекомендованного производителем ТС, определяющими факторами возникновения эффекта аквапланирования являются скорость движения автомобиля и толщина слоя воды на поверхности автомагистрали.

С точки зрения обеспечения безопасности дорожного движения необходимо отметить, что адекватная скорость движения – это единственный фактор, который позволяет в конкретных погодных условиях избежать неуправляемого "скольжения" автомобиля по дороге под воздействием аквапланирования. Для этого необходимо чтобы водитель ТС в интенсивном дожде объективно оценивал дорожную обстановку и своевременно снижал скорость до безопасной.

Одним из направлений совершенствования АСМО с точки зрения обеспечения безопасности дорожного движения в летний период является разработка и внедрение системы мониторинга ливневых осадков на автомагистралях.

Ливневые осадки, как опасное метеорологическое явление летнего периода, являются продуктом развития мощных конвективных облаков и отличаются высокой интенсивностью (нередко до 100 мм/ч). При этом даже в регионах с относительно низкой активностью грозовой деятельности в теплый период года регулярно отмечаются ливни большой интенсивности. В качестве примера, средняя интенсивность ливня, наибольшая из когда либо зафиксированных, в Ленинградской области (г. Пушкин) составила за 5 минут 3.2 мм/мин (192 мм/ч) [8].

Для ливневых осадков свойственна большая пространственно-временная изменчивость интенсивности. В частности, ливневый дождь с экстремальными значениями интенсивности имеет достаточно ограниченные площадные размеры сопоставимые с размерами конвективных ячеек. Установлено, что опасные для водителей ситуации создают ливневые ячейки диаметром порядка 2 - 4 км [2].

До настоящего времени не разработаны надежные объективные методы оперативного прогноза интенсивности ливневых осадков, применимые к задачам ГМО транспорта. Отсутствуют методики оперативного прогноза интенсивности ливневых осадков в реальном масштабе времени, соответствующих требованиям мезомасштабного сверхкраткосрочного прогнозирования с заблаговременностью от нескольких минут до 1-2 часов.

Первоочередным направлением совершенствования АСМО применительно к летнему периоду является разработка и внедрение системы мониторинга ливневых осадков на автомагистралях. Комплексное решение проблемы обеспечения безопасности автомобильного движения в условиях интенсивного ливневого дождя заключается в обеспечении водителей ТС

данными как о фактических, так и прогностических значениях видимости пути и степени скользкости поверхности автомагистрали на впереди лежащем участке маршрута.

В целях обеспечения безопасности дорожного движения по видимости в условиях интенсивного дождя в рамках существующей АСМО необходимо :

- актуализировать подсистему предупреждения водителей ТС в режиме реального времени о значительном ухудшении путевой видимости на основе типовых датчиков видимости дорожных автоматических метеорологических станций (АДМС).

- в целях информирования водителей в режиме реального времени об угрозе потери контроля управляемостью ТС вследствие значительного снижения коэффициента сцепления дорожного покрытия и возникновения эффекта глассирования на впереди лежащем участке автостреды в состав АДМС целесообразно в обязательном порядке включить датчики состояния поверхности дорожного полотна (ДСДП) с функцией дистанционного измерения толщины слоя воды на поверхности дорожного полотна.

Реализация предлагаемого подхода возможна, например, при использовании совместных решений Консорциума Интегра и ООО "ОКБ Бурстройпроект" на основе платформы "Интегра-Планета-4D" с датчиком "ДСПД" и "ДСПД-М", предназначенных для дистанционных измерений как температуры поверхности, так и толщины слоя воды, снега, льда на поверхности дорожного полотна [11].

Датчики видимости и ДСПД в составе автоматических дорожных метеостанций (АДМС) в качестве измерительной подсистемы АСМО устанавливаются на репрезентативных, наиболее проблемных участках автомагистрали.

Алгоритм обеспечения безопасности дорожного движения в условиях интенсивного дождя выглядит следующим образом.

1. Посредством типовых датчиков видимости из состава АДМС осуществляется измерение видимости в дожде на наиболее ответственных участках автомагистрали. При снижении видимости ниже установленных пороговых значений (ниже 1000 м), а так же фиксации подсистемой ДСПД и автоматическим осадкомером интенсивного дождя центральная блок АСМО осуществляет информирование водителей транспорта средств и органов управления дорожным движением.

2. Подсистема ДСПД в режиме реального времени осуществляет измерение толщины слоя воды на поверхности автомагистрали и расчет коэффициента сцепления дороги. Центральный блок АСМО обеспечивает сбор, обработку, анализ и передачу информации о значительном снижении коэффициента сцепления дороги и/или угрозе возникновения эффекта глассирования.

Доведение информации до водителей ТС об опасных условиях погодных на впереди лежащем участке автомагистрали осуществляется посредством: - динамических информационных табло дорожной обстановки, - активации динамических дорожных знаков; - использования перспективных интерактивных систем информирования водителей ТС на основе IT- технологий. Информационное табло дорожной обстановки и динамические знаки устанавливаются на расстоянии от опасного участка, обеспечивающим восприятие водителем информации об экстремальных погодных условиях и снижение скорости до безопасной.

Расчет безопасной скорости движения АСМО осуществляет по известным алгоритмам исходя из текущих значений видимости пути и коэффициента сцепления.

Вторым перспективным направлением решения рассматриваемой проблемы является разработка прогнозов nowcasting интенсивных ливневых осадков на основе данных оперативных наблюдений ДМРЛ за воздушным пространством.

К разработке прогнозов интенсивности времени начала и прекращения ливневого дождя привлекаются ДМРЛ станции, зона ответственности которых перекрывает обеспечиваемый участок автомагистрали. Повышение точности прогнозов осуществляется посредством калибровки данных ДМРЛ в режиме реального времени, а именно внесением поправочных коэффициентов в программу по сопряженным измерениям интенсивности осадков автоматическими осадкомерами, равномерно размещенных в зоне покрытия радиолокационной системы.

Интеграция возможностей автоматической информационной системы мониторинга осадков и доплеровских МРЛ по измерению интенсивности очагов ливневых дождей в зоне ответственности обладает значительным потенциалом повышения качества оперативных

прогнозов и в целом специализированного метеорологического обеспечения автомобильного транспорта. В качестве основы для реализации такого подхода могут стать функционирующие на территории мегаполиса Санкт-Петербурга ведомственной АИС "Осадки"[12] и сеть ДМРЛ.

Алгоритм разработки сверхкраткосрочных прогнозов интенсивности ливневых осадков на основе радиолокационных наблюдений заключается в следующем. ДМРЛ осуществляет мониторинг осадков в район расположения автомагистрали. При наличии в зоне ответственности очагов ливневых дождей по данным измерений автоматических осадкомеров в режиме реального времени с помощью созданных алгоритмов верифицируются результаты радиолокационных наблюдений за интенсивностью осадков. При калибровке измерений интенсивности осадков ДМРЛ в первую очередь используются данные текущих измерений автоматических осадкомеров, расположенных в непосредственной близости к обеспечиваемым участкам автомагистрали. В центральном блоке АИС рассчитывается время подхода к обеспечиваемому участку автомагистрали и продолжительность осадков. При превышении установленных порогов интенсивности ливневого дождя центральный блок АИС осуществляет информирование участников движения о прогнозе возникновения опасных условий движения на определенном участке автомагистрали. Методика доведения прогностической информации об опасных условиях движения в рамках функционирования АСМО аналогична выше описанным.

Таким образом, на основе интеграции возможностей описанных современных систем сбора, передачи и анализа метеорологических данных возможна реализация технологий now casting по сверхкраткосрочному прогнозированию опасных условий дорожного движения обусловленных интенсивными ливневыми осадками и предупреждения участников дорожного движения практически в режиме реального времени.

Литература

1. Комплексный подход к метеорологическому обеспечению и зимнему содержанию дорог на его основе. Термокартирование автомобильных дорог. Базлова Т.А., Бочарников Н.В., Виноградов М.А. Институт Радарной Метеорологии, СПб. Семинар-совещание «Метеорологическое обеспечение дорожного движения и зимнего содержания автомобильных дорог», Краснодар, 12-15 февраля 2007.
2. Радиолокационные метеорологические наблюдения. Том 2. Базлова Т.А., Бочарников Н.В., Брылев Г.Б., и др; под ред. Салонина А.С.–СПб.: Наука, 2010. В 2-х томах. 518 с.
3. Прогнозирование погодных и дорожных условий как элемент интеллектуальной транспортной системы. Клясова А.А., Магарас Ю.И., А.В. Добринский, Сайт компании Компания «Синоп» <https://synop.ru/services/> 3.03.2016
4. Статистика ДТП за 2013 г.: грустные результаты безграмотной политики. Корякин К., 17.02.2014. Сайт: Правовая защита автолюбителя. Ссылка: <http://www.vashamashina.ru/statistika-dtp-2013.html>
5. Справочная энциклопедия дорожника. Т 2 Ремонт и содержание дорог Под редакцией Васильева А.П. Информавтодор. Москва 2004. 1129 с.
6. Влияние элементов системы водитель – автомобиль – дорога – среда и безопасность дорожного движения. И.С.Степанов, Ю.Ю.Покровский, В.В.Ломакин, Ю.Г. Москалева Учебное пособие. Москва 2011
7. Математическое моделирование задач летной эксплуатации воздушных судов на взлете и посадке: монография / Кубланов М.С. - Москва: РИО МГТУ ГА, 2013. - 270 с.: ил. - ISBN 978-5-86311-908-3.
8. Физика грозы. Мучник В.М. Л.: Гидрометеиздат. 1974. 350 с.
9. Временные методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Москва. 2014. 110 с.
10. Сверхкраткосрочный прогноз интенсивности ливневых осадков в северо-западном районе Европейской территории России и Белоруссии. Мешкова А. В. Диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. ВВВАИИ. Воронеж. 2001. 134 с.
11. Датчики состояния поверхности дорожного полотна "ДСПД" и "ДСПД-М". Сайт научно-производственной компании ООО "ОКБ Бурстройпроект" http://www.burstroy.ru/datchik/datchik_2.html
12. Создание автоматизированной информационной системы учета атмосферных осадков. Михайлов Д. М., Синькевич Т. А., Пашковский Д. О. Журнал «Вода Magazine», №3 (103), март 2016, Рубрика «Техника и технологии»