

РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ С УЧЕТОМ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКИ ПРОХОДИМОСТИ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Григоренко Н.И.¹, Гутников В.А.²

¹Национального исследовательского центра Курчатовский институт, Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов

²Центральный научно-исследовательский и проектный институт по градостроительству

Аннотация

Рассмотрен методический подход к оценке риска пожароопасности в условиях больших городов. Проблема вызвана ограничением внутридомовых территорий жилых массивов и возникновением вторичных проблем в виде невозможности добраться до места аварии крупногабаритных пожарных транспортных средств в случае чрезвычайной ситуации. Представлен системный подход к повышению эксплуатационной пригодности жилого массива при возникновении чрезвычайной ситуации. Основной целью является обеспечение безопасности и проходимости крупногабаритных моделей пожарной техники. Предложено использование цифровой модели, для обеспечения безопасности жизнедеятельности городской агломерации. Результаты, полученные с помощью данной методологии, могут быть внедрены в навигацию приложения для пожарной службы и обеспечить безопасность в современных агломерациях. Представлены конкретные способы, с помощью которых вся система может быть модифицирована, чтобы иметь возможность интуитивно изменять и выбирать индивидуальные маршруты доступа в режиме реального времени, исходя из текущей ситуации.

Ключевые слова

пожарное транспортное средство; транспорт; жилые массивы; маршрут; цифровая модель

Введение

Генеральный план и планировочной структуры города Москвы основана на базовых основах градостроительства – экологического каркаса открытых пространств и зеленых насаждений с общим структурным и композиционным построением историко-культурных объектов, взаимосвязью с другими функциональными зонами: (производственные, жилые, общественно-деловые, инженерной инфраструктуры) и транспортной системой. Радиально-кольцевая система Москвы сложилась во второй половине XIX века. В основе структурного построения городских магистралей лежали радиальные направления улиц, лучеобразно отходящих от центра и объединявшихся Садовым кольцом, Бульварным полукольцом, восточный и западный концы которого опирались на набережную Москвы-реки, и проездами, параллельными Камер-Коллежскому валу.

Развитие крупных городов взаимосвязана со строительством жилых комплексов, их высотность и плотность застройки определяется проектом планировки. С градостроительной, архитектурной и технической точек зрения наибольшие проблемы представляют высотные жилые комплексы высотой более 75 м.

В рамках развития г. Москвы принят закон о реновации жилого фонда в 2017 году. По Градостроительному кодексу РФ высотность новой застройки должна ограничиваться в рамках городских правил землепользования и застройки (ПЗЗ). За последние 5–7 лет количество жилья высотой более 40 этажей в Москве увеличилось втрое [1]. Около половины всех кварталов в новостройках приходится на дома от 25 этажей и выше. В Москве и Подмосковье обсуждается ограничение неконтролируемого роста плотности застройки и численности населения за счет принятия взаимосвязанных нормативов и документов градостроительного планирования и проектирования. Такое положение содержится в проекте стратегии развития строительной отрасли и ЖКХ России до 2035 года [2].

В настоящее время на территории столицы насчитывается множества жилых комплексов, в которых проживает большая часть населения столицы. Оценка численности постоянного населения г. Москвы по состоянию на 1 января 2024 года составляет 13 149 803 человек [3]. Крупные жилые комплексы увеличивают транспортные нагрузки и формируют новые транспортные проблемы, которые требуют архитектурно-планировочных решений.

Нормальное функционирование объектов жизнедеятельности и критической инфраструктуры города определяется уровнем рисков и управлением потенциальными критическими и чрезвычайными ситуациями. Для эффективности своего функционирования, город должен обладать необходимой всесторонней устойчивостью к потенциальным угрозам, коллапсам или функциональным ограничениям. Одним из важнейших аспектов города является обеспечение транспортной инфраструктурой при соблюдении требований государственного пожарного надзора (ГПН). В частности, при решении программы реновации г. Москвы необходимо обеспечивать доступность специализированной пожарной техники в жилые комплексы и районы города, согласно своду правил [4]. На Яндекс карте г. Москвы: Жилой комплекс включает в себя 997 организаций [5].

Типичными примерами являются неорганизованная парковка на подъезде или выезде из жилого массива или дома, в начале съездов или там, где парковка запрещена дорожными знаками. Неправильная парковка снижает эффективность транспортного сообщения в районе и значительно снижает обслуживание жителей специального транспорта и дорожного движения, также ухудшает безопасность и доступность района. МЧС представил алгоритм по разработке отчета по анализу пожарных проездов, подъездов и обеспечения доступа подразделений пожарной охраны [6].

Нерациональная планировка застройки территории жилого комплекса в совокупности с нарушением правил организации дорожного движения порождает существенную проблему, а именно ограничение проезда аварийных служб во время чрезвычайных ситуаций (ЧС). В целях купирования рисков и обеспечения безопасности жизнедеятельности современного общества, необходимо организовать оперативный доступ службам по борьбе с ЧС. Существенным моментом является проезд аварийной техники при прохождении по внутри дворовой территории, где зачастую теряется время. Габариты пожарной автотехники составляет почти 10 м, а в случае пожарной автолестницы длина автомобиля составляет более 10 м. Согласно нормативу «Общие требования к пожарной технике и пожарным автомобилям установлены Федеральным законом Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [7]. Устранение препятствий или поиск альтернативного маршрута объезда приводит к значительным временным задержкам, что, в свою очередь, приводит к повышенным рискам для лица, находящегося в опасности, или к повреждению соответствующего имущества.

В проекте строительства жилых комплексов следует в проектах организации движения машин на период строительства и эксплуатации ЖК учитывать прибытия и работу аварийной автотехники в зонах ликвидации ЧС. Применяя анализ данных по площадям застройки, на основе цифровой модели местности, следует оценить качество подъездных путей на случай ЧС. На основе анализа можно разработать схему основных аварийных маршрутов, для минимизации временных потерь и обеспечения проходимости транспортных средств. Выбор наиболее

подходящих путей доступа к каждому высотному зданию позволяет провести наиболее эффективный и безопасный маршрут к месту аварийной ситуации. Эффективность может быть повышена за счет внедрения полученных результатов в используемые в настоящее время программные платформы, диспетчеризации и навигации. Необходимо выработать методологию по оценке использования современных технологий, для функционирования в режиме онлайн и оценивать риски в режиме реального времени.

Риск пожарной опасности при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов различного назначения в больших городах с населением свыше пятисот тысяч жителей представляет важную научную и практическую задачу. Актуальность темы обусловлена сложностью решения ряда вопросов, в частности прогнозирования потенциальной опасности, и подтверждается масштабными пожарами в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге и других крупнейших городах [8]. При изучении источников возможных пожаров следует обратить внимание, на характерные инфраструктурные особенности, присущие только крупным городам. Отличительной особенностью современной городской среды является постоянно меняющаяся во времени ситуация [9].

Целями работы являются, создание комплексной методологической процедуры комплексного анализа мест массового скопления людей в жилых и промышленных комплексах с точки зрения проходимости пожарных транспортных средств, определение соответствующих процедур и методов проведения такого анализа.

Методы и модели исследования

Проведем анализ существующих методик и процедур, связанные с проездом пожарных транспортных средств в городской черте, а также методы, направленные на взаимную коммуникацию транспортных средств с городскими службами. Проанализируем необходимые мероприятия на территории, находящейся в непосредственной близости от объекта ЧС, с последующими конкретными примерами, обоснованием и результатами пилотного проекта. В данной работе, необходимо ориентироваться в основном на визуализацию и создание моделей, связанных с пожарной автолестницами и их последующее применение при поиске оптимального решения в пределах жилого массива. Постараемся сформулировать методику решения по данной проблематики.

- Первичные исходные данные. Многие годы существует проблема при ЧС проходимости пожарных транспортных средств через жилые районы и микрорайоны. Это актуальный и социально значимый вопрос.

- Расширение набора данных. Необходимо определить методы, которые могут быть использованы для получения репрезентативного набора данных, который затем будет подвергнут детальному анализу. С этим тесно связан выбор соответствующего измерительного оборудования и программного обеспечения, позволяющего собирать соответствующие данные, их интерпретацию и анализ, операции с этими данными и последующую валидацию предлагаемых решений. Важно выбрать методы и измерительные приборы, которые потенциально могут быть использованы в любом месте.

- Применяемость и определение модели. Предполагается интерпретацию и анализ полученных данных, определение ключевых параметров, влияющих на устойчивость доступности жилых комплексов на исследуемой территории.

- Результаты. Основной целью является разработка подходящей методологии для комплексного анализа проходимости пожарного транспорта в жилых массивах с определением соответствующих мер по их устранению.

Современный подход к проблеме пропускной способности пожарных автомобилей, планирования маршрутов или эффективного времени прибытия фокусируется в первую очередь на маршрутах между пожарно-спасательной частью (ПСЧ) и общей территорией вблизи места пожара. Данной теме посвящено несколько научных публикаций. Проведённое исследование в городе Чанша (Китай) [10, 11], фиксирует время прибытия пожарных подразделений в город.

Согласно результатам, прибытие одной пожарной автоцистерны и одной пожарной автолестницы в указанное место должно быть в течение 240 секунд после обнаружения пожара. Низкая плотностью пожарных территориальных служб в центре города и транспортная перегруженность, не позволяет уложиться в отведенное время.

В другом исследовании [12], акцентируется повышение эффективности проезда через регулируемые светофорами перекрестки, посредством обмена информацией между автомобилем экстренных служб о своем местоположении со светофорами. В случае, если пожарное транспортное средство подъезжает к светофору, полоса движения пожарного транспортного средства переключается на зеленую волну. Предлагаемая система работает по облачно-ориентированному принципу Интернета вещей (IoT). Собирает информацию о местонахождении транспортных средств и сигналов на перекрестках, регулируемых светофорами. Полученная информация оценивается, и система впоследствии изменяет режим работы на светофорах, чтобы обеспечить приоритетный проезд пожарных транспортных средств.

Необходимо провести пилотный проект в одном из жилых массивов мегаполиса. Это позволит конвертировать теоретические познания, с точки зрения прохождения пожарной техники в реальную практическую плоскость. Сформулировать методологическую процедуру, содержащую обобщенные рекомендации по внедрению предлагаемого решения. На рис. 1 показаны обобщенные этапы процедуры. Цель состоит в том, чтобы соответствовать всем необходимым требованиям входных данных. Обозначенные границы вокруг ступеней, сплошные или пунктирные, представляют их природу. В то время как параметры, отмеченные сплошными линиями, определяются во время оценки один раз. Пунктирные метки итеративно корректируются в течении времени в зависимости от фактической ситуации и развития в действующей момент.

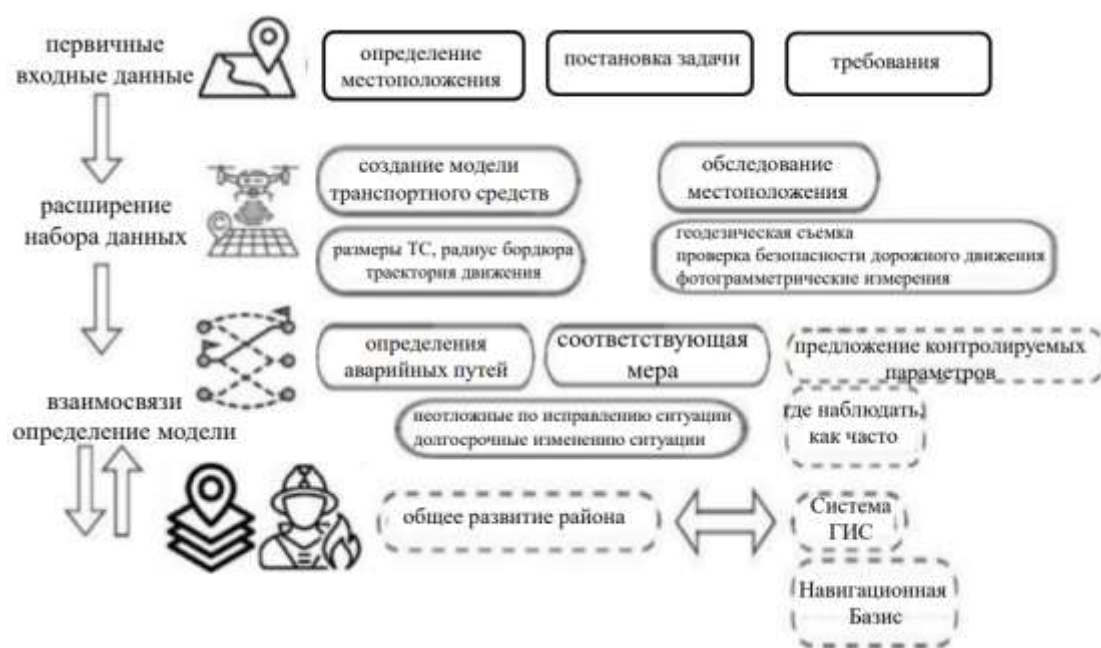


Рис. 1 – Схема обобщенных этапов процедуры. Источник: составлено авторами

Целевой задачей данной работы является проработка создания упрощенной автономной цифровой модели локации пожарной техники в жилом массиве, которую можно было бы апробировать во время пожара или другой чрезвычайной ситуации. Системный подход по методологии базируется на принципах, изложенных в работе [13]. Данная методология может быть использован диспетчерскими центрами МЧС для предотвращения осложнений дорожного движения в жилом массиве, находящегося в непосредственной близости от места назначения и оптимизации времени прибытия при выборе маршрутов движения.

Для создания достаточно детальной цифровой модели местности и возможности верификации и моделирования проходимости была использована маловысотная аэрофотограммет-

рия с беспилотника. Методология проведения аэрофотограмметрии соответствовало изложенной в работе [14]. Основной задачей измерений было получение цифровой трехмерной пространственной модели с достаточной точностью и детализацией. В отличие от классических методов измерений, для ускорения сбора и обработки данных был использован метод корреляции цифровых изображений [15]. Преимущество его применения заключается в том, что оно не требует явной идентификации отдельных точек, а использует алгоритмы распознавания изображений для автоматической идентификации ключевых объектов среди изображений, связывания их и последующей реконструкции пространственной информации. Вторым этапом заключается в дальнейшей реконструкции геометрической сцены. Это было реализовано с помощью алгоритма Dense Multi-View 3D Reconstruction (DMVR), который применялся на уже выровненном наборе изображений. Алгоритм работает на пиксельной основе, что позволяет ему получать более высокий уровень детализации, чем SfM [16]. Масштабирование, преобразование и валидация полученной модели выполнялись с помощью сигнальных точек, измеренных с помощью глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Полученная точность составила 2,5 см по положению (X, Y) и 3 см по высоте (Z). Таким образом, полученная модель была приведена в соответствие с кадастровыми картами, и стало возможным четко определить отдельные участки, предназначенные для потенциальной рекультивации. На рис. 2 показана часть оцениваемой территории, на которой проводился пилотный проект.

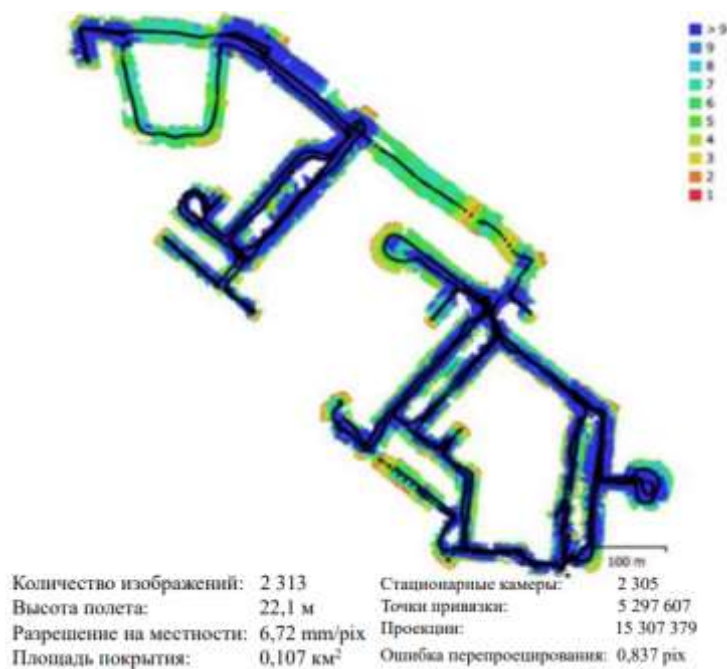


Рис. 2 – Расположение камер и изображение накладываются на параметры

Для целей данной работы была создана текстурированная треугольная полигональная сетка местности вместе с детальным ортофотопланом с разрешением 2 см/px [17, 18]. Такая детализация необходима, особенно в местах, где коэффициенты ширины дорог достигают очень малых значений, граничащих с минимально требуемым профилем прохода пожарных транспортных средств.

Преимуществом данного подхода является, полученная модель, соответствующая текущей ситуации на момент измерения, она учитывает припаркованные транспортные средства, места размещения мусорных баков, ограждения и т.д. Данная модель гораздо точнее характеризует актуальность и связанные с ней недостатки, чем это можно было бы достичь через оценку панорамного снимка, спутниковых снимков или классическими аэрофотоснимками.

Иллюстрация цифровой модели представлена на рисунке 3. Показана результирующая пространственная модель, сетка, а также местоположение каждого полученного изображения.

Это дает существенное преимущество за счет возможности легко получить подробные фотографии выбранной области при последующем анализе.

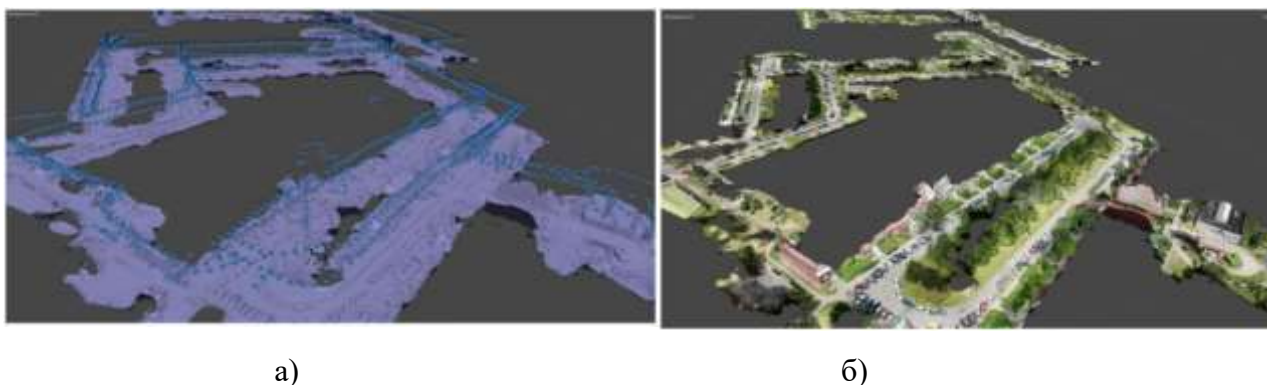


Рис. 3 – Цифровая модель местности, а) с индивидуальными снимками; б) с текстурами.

Одним из факторов, является пространственная оценка, который позволяет выявить потенциально критические места и проблемы, которые могут быть не очевидны с первого взгляда из цифровой модели или для человека, не обладающего знаниями в области безопасности дорожного движения. В качестве примера можно привести высокие бордюры на въездах на аварийные маршруты, некорректное размещение дорожных знаков или проблемы безопасности дорожного движения.

Оценка проходимости позволяет проверить эффективность выбранных маршрутов. Проходимость может быть легко проверена с помощью специализированного программного обеспечения для движения по траектории стреловидности. Необходимо учитывать, что пожарная машина уникальна по своим параметрам и отличается от других типов автомобилей. Типичным примером ограниченной применимости использования уже существующих пожарных машин является тот факт, что каждое транспортное средство имеет различное дополнительное оборудование, например, в виде выдвижной лестницы или спасательной корзины. С другой стороны, основным условием является то, что высотная пожарная техника, обслуживающая территорию, остается неизменной в течение нескольких лет (15–25 лет).

На основании технических параметров на автолестницу пожарного автомобиля, была создана модель для последующих симуляций. Выбранное эталонное транспортное средство показано на рис. 4.



Рис. 4 – Автолестница пожарная АЛ-50 (шасси КАМАЗ-65115 6х4). Источник [17]

При оценке проходимости по территории жилого массива, воспользуемся техническими параметрами серийного мусоровоза на шасси КАМАЗ, т.к. данная модель мусоровоза очень распространена. При использовании нашей модели пожарной машины, произведем сопоставление с характеристиками модели мусоровоза [18]. Была создана упрощенная модель пожарной автолестницы АЛ-50, которая впоследствии использована для оценки. На рис. 5 показана результирующая упрощенная модель, определенная в программном обеспечении Autodesk Vehicle Tracking. Для создания модели необходимо было определить не только характерные габариты транспортного средства, но и фактический радиус поворота, угол поворота колес и т.д. Характерные размеры определялись с помощью фотограмметрических и геодезических измерений. На рисунке 6 показаны полученные изображения трапа, реконструированная пространственная модель и размеры выбранных частей тележки (длина, высота, размеры лестницы и т.д.).

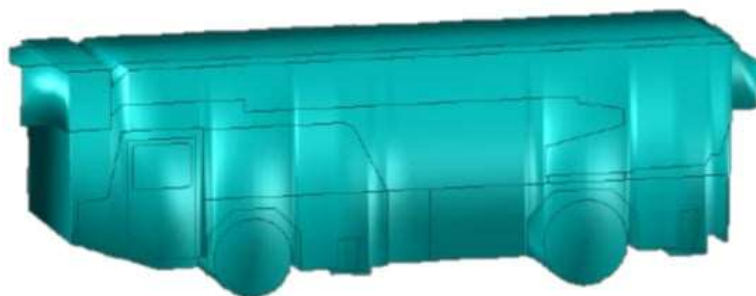


Рис. 5 – Окончательная цифровая модель автолестницы пожарной машины, созданная в Autodesk Vehicle Tracking



Рис. 6 – Размер автолестницы в Фотомоделировщике

Как отмечалось выше, в ходе работы оценки модели были сопоставлены технические параметры обоих автомобилей, тем более что они базируются на одинаковой модели шасси. На рис. 7 показаны модели мусоровоза и пожарной автолестницы.

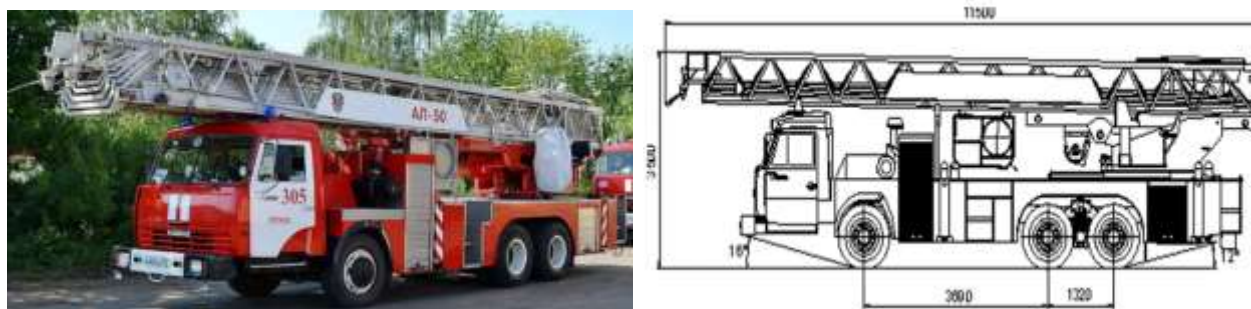


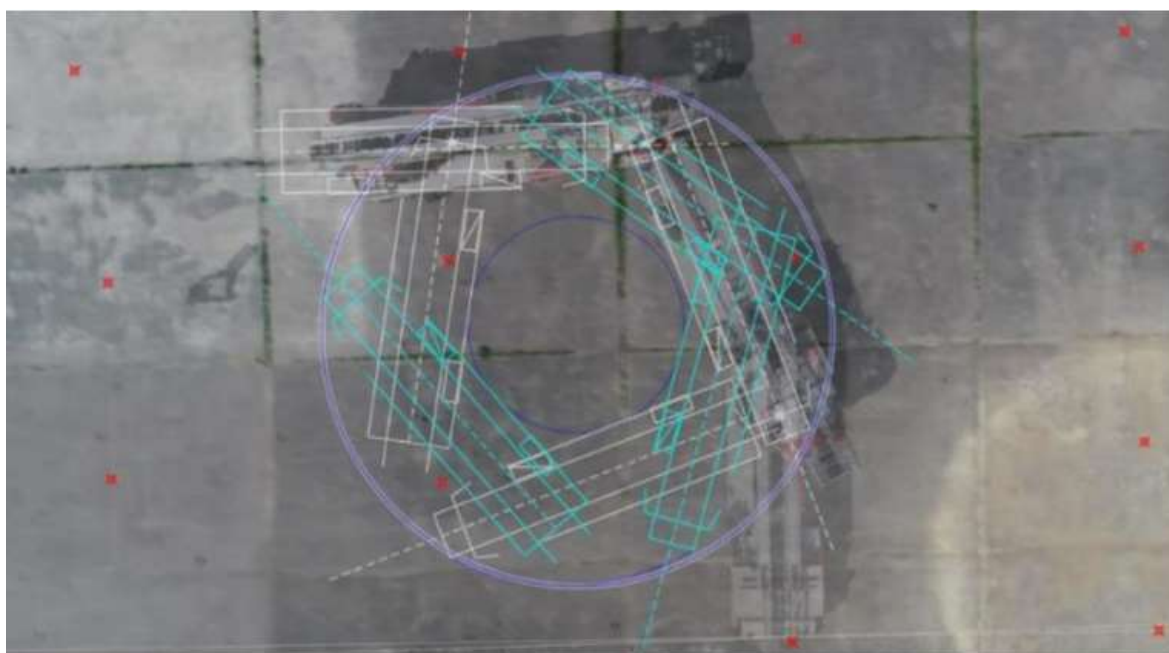
Рис. 7а – Автолестница пожарная АЛ-50 на шасси КАМАЗ-65115 (6х4)



Рис. 76 – Мусоровоз МК-200 на шасси КАМАЗ-65115 (6х4)

Рис. 7 – Технические параметры пожарной автолестницы и мусоровоза

Для получения реальной траектории стреловидной траектории эталонной пожарной автолестницы АЛ-50 был проведен исследовательский эксперимент (рис. 8). В этом эксперименте полный разворот пожарной автолестницы АЛ-50 при максимальном ходе колес контролировался беспилотником. Скорость транспортного средства была определена на уровне 5–10 км/ч. Впоследствии отснятый материал был отредактирован, чтобы обеспечить прямую идентификацию траектории колес и контуров автомобиля. Таким образом, удалось определить фактический радиус поворота и угол поворота колеса.



Условные обозначения:

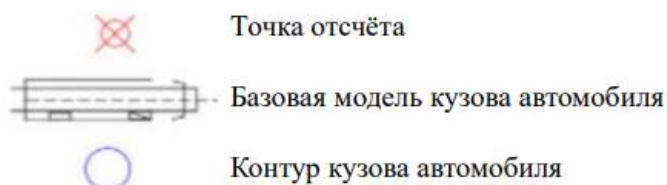


Рис. 8 – Пример калибровочного эксперимента стреловидной траектории для проектирования модели стреловидности транспортного средства

Геометрия рулевого управления Аккермана [19], впоследствии была использована для проверки правильности модели, в частности, путем расчета угла поворота рулевого колеса. Принцип основан на неподвижной оси, где вращаются только колеса, и показан на рис. 9 [19].

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R - \frac{T}{2}} \right) \quad (1)$$

$$\alpha_0 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R + \frac{T}{2}} \right) \quad (2)$$

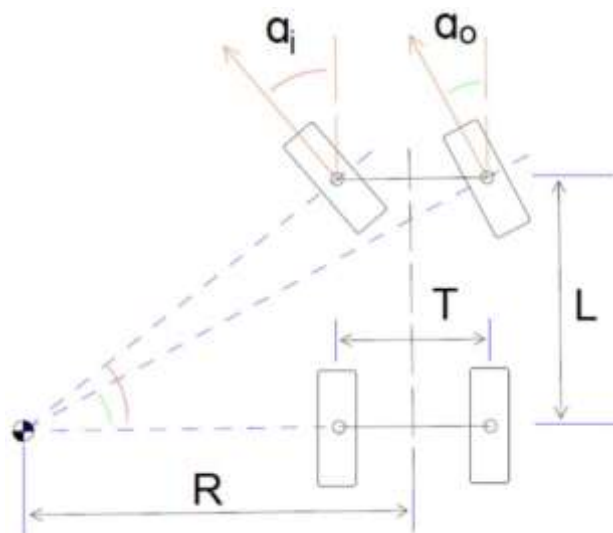


Рис. 9 – Геометрия рулевого управления Аккермана [19]

Подставив в уравнение наблюдаемый радиус поворота, было получено значение угла поворота колеса и сравнено с экспериментально измеренным значением угла поворота колеса. Таким образом, было проверено, что определенный радиус поворота транспортного средства соответствует реальному транспортному средству.

Полученная упрощенная модель показала, что транспортные средства, которые по своим параметрам (длине, ширине и высоте) очень похожи на пожарные, на самом деле имеют существенно отличающиеся траектории. На рис. 10, приведено сравнение траекторий мусоровоза (синий) и автолестницы пожарной машины (красный). Эта разница в маневренности тесно связана с разным радиусом поворота или углом поворота колес. Различное поведение особенно заметно на начальном этапе маневра поворота из-за большего вылета размера автолестницы пожарной машины по сравнению с обычным мусоровозом.

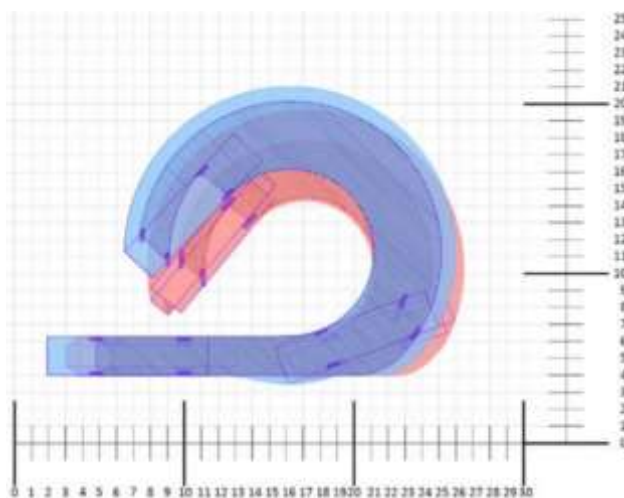


Рис. 10 – Сравнение траекторий мусоровоза и автолестницы пожарной машины

Результаты и обсуждение

С помощью цифровых моделей пожарной техники и цифровой модели местности удалось верифицировать проход по выбранному участку в актуальной планировке. Это позволило определить критические места, где могут возникнуть потенциальные узкие места и которые требуют последующих структурных изменений. Полученные результаты стали основой для последующих комплексных исследований. Наиболее частыми проблемами, влияющими на проходимость, являются высота бордюра, которые невозможно переехать в непосредственной близости от зданий; неправильно реализованные парковочные места, вблизи перекрестка; некорректное размещение вертикальных дорожных знаков, стоянка транспортных средств с частичным заездом на тротуар; или неправильно размещенные препятствий, например, бетонные блоки и т. д. Основной задачей является скорейшее устранение выявленных проблем. Приоритет отдается проблемам, которые могут быть решены легко, с низкими затратами или с низким уровнем соответствующего администрирования. Однако общая идея заключается в том, что меры должны осуществляться системно и в координации между всеми вовлеченными сторонами.

Большинство зданий в этом районе имеют несколько возможностей, с помощью которых можно выполнить спасательную операцию, но не все дороги подходят для проезда более крупной пожарной техники, например, пространственные ограничения или ограничения по нагрузке. Логичным решением представляется использование дорог, которые в период застройки района могли бы быть спроектированы для проведения противопожарных работ. Однако может быть со временем назначение может измениться. В качестве примера можно привести создание парковочных мест, цветников, частичную или полную перепланировку и т.д.

Исходя из имеющейся инфраструктуры в оцениваемом районе, было предложено несколько вариантов обеспечения доступности каждого отдельного здания в проекте. При этом удалось определить теоретические временные задержки отдельных маршрутов вмешательства в зависимости от времени в пути до каждой точки. На рис. 11 показаны варианты пригодности к эксплуатации для данного района и конструкция основного или альтернативного аварийного маршрута.



Рис. 11 – Схематическое изображение предложения по пригодности к эксплуатации для оцениваемого участка вместе с подробными сведениями о выбранном участке.

Кроме того, это решение определяют места, где можно выполнить только односторонний проезд или где можно развернуться или обогнать другое транспортное средство. Цифровая модель также предоставляет информацию о расстоянии дороги по вертикали от фасада здания. Это расстояние существенно влияет на общий радиус действия пожарных машин во время выездов на происшествие и, следовательно, на ход действий. Важно всегда находить место перед зданием, где расстояние как можно меньше, но в то же время достаточно широкое, чтобы опорные стойки транспортного средства могли быть выдвинуты как можно дальше для достижения требуемой устойчивости и способно выдержать нагрузку транспортного средства.

Каждая подъездная дорога к конкретному многоэтажному дому имеет разное время потерь и разный уровень сложности в зависимости от загруженности дорог припаркованными автомобилями. По этой причине можно предположить, что потери времени прибытия меняются в течение дня и непосредственно соответствуют фактической ситуации. В рабочее время, когда большинство жителей находятся вдали от дома, потери времени меньше, чем в вечернее время, когда парковка значительно перегружена и автомобили паркуются даже в местах, не предназначенных для этого. По этой причине желательно снабжать и, соответственно, модифицировать предлагаемые маршруты движения информацией в режиме онлайн, например, в виде записей с камер или с использованием данных с датчиков дорожного движения. Преимущество предлагаемого подхода заключается в том, что потенциальные узкие места или критические места могут быть определены заранее. Таким образом, мониторинг проектируется с учетом специфики оцениваемой территории. Это дает возможность выбрать наиболее подходящий маршрут доступа к отдельным зданиям значительно более эффективным способом, чем с помощью простого эмпирического опыта.

Математическое описание представленной задачи проходимости пожарной техники по жилым массивам может быть определено двумя основными посылками. Первая посылка – это попытка минимизировать время прибытия пожарной техники к месту возгорания. Вторая посылка связана с предложением максимизации суммы вероятностей для эффективного прибытия пожарной техники, например, максимизации вероятности беспросветного проезда через этот район таким образом, чтобы не было элементов, ограничивающих проезд по маршруту, таких как пространственная планировка дорог. Минимизация – это вероятность того, что потенциальный избыток трафика в виде узкого места возникнет на определенном маршруте доступа. Третий фактор – вероятность эффективного вмешательства непосредственно на пострадавшем от пожара месте с точки зрения технологических возможностей пожарного транспортных средств. Это происходит в тесной зависимости от конкретных параметров целевого здания/объекта. При этом необходимо учитывать такие параметры, как максимально возможная высота, доступная с помощью лестницы пожарного автомобиля, или минимальное перпендикулярное расстояние от тушащего объекта.

Однако существует существенная разница между оптимизацией работоспособности большей площади, например, части города, и кварталами с высотной застройкой, где возможны лишь немногие потенциальные маршруты, уже есть специальная инфраструктура и мало точек доступа. Поэтому выполнить конкретную математическую проверку предложенных маршрутов очень сложно, так как каждое вмешательство пожарной техники очень уникально и могут возникнуть различные осложнения. Можно получить только теоретическую проверку, но для этого не хватает многих переменных, и поэтому результат сильно смещен. Общая процедура верификации предлагаемых изменений связана с экспериментальным определением транзитной скорости каждого маршрута. По этой причине необходимо выполнять контрольные замеры непосредственно в реальном трафике с конкретными автомобилями. Общее математическое предписание для верификации проезда пожарных транспортных средств через конкретное место не может быть выражено с помощью четко определенного математического аппарата. Каждый такой проход уникален и всегда подвержен влиянию ряда переменных параметров.

Данная работа показала, что МЧС может быть не единственной конечной организацией, получающей пользу от данных результатов. Другие заинтересованные стороны могут извлечь

результаты из данной работы и использовать его для развития города и повышения его безопасности. Одним из ключевых пользователей является диспетчерские службы, которые могут внедрить информацию в навигацию экстренных служб на основе фактического места чрезвычайной ситуации. В то же время это позволяет заблаговременно информировать реагирующие подразделения о текущей дорожной обстановке, возможных рисках или наиболее эффективных маршрутах доступа. С помощью онлайн-цифровой модели местности можно предоставить достоверную информацию о состоянии участка, как с точки зрения трафика, так и возможностей размещения транспортных средств. В то же время можно предоставить информацию о том, где можно проехать другое транспортное средство или в наиболее подходящих местах для размещения пожарных машин, чтобы вмешательство можно было осуществить с максимально близкого расстояния.

Выявленные маршруты обслуживания также непосредственно применимы к бригадам пожарных машин. Различные приложения по оптимизации маршрутов необходимо реализовывать с использованием ГИС-систем. Такой подход позволяет добавлять эту информацию в приложение, чтобы улучшить информацию, доступную для экипажа пожарной машины и различных других служб. Такой подход также позволяет иметь актуальный обзор отдельных маршрутов обслуживания в районе в случае активной системы мониторинга. Не менее важное: данные ГИС могут быть использованы для информирования администрации города, района о критических зонах и подходящих маршрутах прохода для аварийных служб. Преимуществом является безопасное и планомерное развитие территории в будущем, так как известно, какие дороги необходимы или где возникают проблемы. Кроме того, это позволяет смягчить потенциальные сбои в работе аварийных служб в случае перекрытия дорог.

Заключение

Рассматриваемая методология для эффективного применения может быть дополнена цифровой моделью местности и повысить ее удобство обслуживания на основе онлайн-информации. Важнейшей частью рассматриваемой методологии является корректные данные цифровой модели локации. Необходимо добавить элементы и системы, способные в режиме реального времени контролировать транспортные процессы города благодаря датчикам, напрямую подключенным к виртуальной модели, извлеченной по данному методу. Могут быть задействованы данные с датчиков, используемых для оценки текущей занятости парковочных мест.

Разработка подходящего механизма по оценке в густонаселенных районах городов с многоэтажными жилыми комплексами имеет вполне конкретные цели: сокращение времени прибытия пожарной техники, обеспечение проезда крупногабаритных транспортных средств и удобное выполнения процедур по ликвидации аварийной ситуации. В ходе данной работы рассмотрены методы получения необходимых данных для оценки текущего состояния жилого массива и разработки мероприятий по ликвидации опийной ситуации. В первую очередь, это применение различных фотограмметрических и геодезических измерений для получения выходных данных, которые впоследствии использовались для моделирования в специализированном программном обеспечении. Определена подходящая процедура картографирования местности и получения конкретных параметров транспортных средств пожарной службы. Представлен новый методологический подход, содержащий обобщенные рекомендации по их практической реализации. Методика позволяет создать цифровую модель локации, в которой можно было бы проверить и оценить работу пожарной техники во время пожара или другой чрезвычайной ситуации. Данный подход был апробирован в ходе пилотной работы. Пилотный проект позволил учесть всю специфику выбранной локации и предложить комплексное решение в виде методологической процедуры, которая может быть многократно использована для анализа и последующего проектирования мероприятий для многоэтажных жилых комплексов.

Новый методологический подход к управлению территорией может быть востребован при развитии и планировании развитии района, поскольку можно определить, какие дороги

или районы в населенном пункте имеют решающее значение для обеспечения пригодности проходимости пожарной техники и проведения противоаварийных мероприятий, а какие представляют наибольший риск или временные задержки при ликвидации ЧС. Можно спрогнозировать систематическое устранение слабых мест.

Видение концептуального проекта заключалось в том, чтобы в первую очередь создать цифровую 3D-модель, в которой можно смоделировать, верифицировать или протестировать отдельные варианты прибытия пожарной техники к месту ЧС в зависимости от реальной ситуации на местности. Интегрируя его в существующие навигационные системы, используемые МЧС, можно оптимизировать время прибытия и свести к минимуму человеческие жертвы или уровень повреждения при ЧС. В то же время методологический подход, представленный в работе, может быть дополнительно развит за счет расширения спектра измеряемых данных или за счет внедрения других подходов к сбору этих данных. Например, с помощью датчиков, систем видеонаблюдения или других механизмов мониторинга.

С развитием городских территории необходимо периодически пересматривать и улучшать нормативы по эксплуатации и безопасности. Необходимо применять новые алгоритмы и использовать современные технологические возможности для облегчения работы аварийно-спасательных служб в целях повышения устойчивости городской территории к потенциальным человеческим жертвам и материальным потерям.

В данной работе определены подходы и методы комплексного анализа жилых комплексов с точки зрения проходимости пожарных транспортных средств. В работе представлен обзор научного подхода к рассматриваемой проблематике. Необходимо осознавать, что рассматриваемая проблема затрагивает многие жилые комплексы во всем мире. Даная работа и полученный результат представляют собой четко определенный и унифицированный набор методов, применимых к анализу любого жилого комплекса в странах мира. Набором технологических ресурсов и программного обеспечения, доступных ученым и специалистам во всем мире, могут способствовать усовершенствованию рассматриваемой методологии.

Библиография

1. «Высотное строительство ограничат только облака». Москвичи, готовьтесь жить среди небоскребов. URL: <https://www.mirkvartir.ru/journal/actual/2021/04/21/vysotnoe>.
2. Без башен: власти обсуждают ограничение плотности застройки в Москве. URL: <https://iz.ru/1125332/mariia-perevoshchikova/bez-bashen-vlasti-obsuzhdaiut-ogranichenie-plotnosti-zastroiki-v-moskve>.
3. Население. URL: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634>.
4. СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (Приказ Минстроя России от 30 декабря 2016 г. № 1034/пр.). URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/14465>.
5. Жилые комплексы в Москве, жилые комплексы рядом со мной на карте. URL: https://yandex.ru/maps/213/moscow/category/housing_complex/64960171169/?ll=-37.657730%2C55.701732&sl=-37.657730%2C55.701732&source=serp_navig&sspn=0.172348%2C0.058551&z=13
6. Информационное письмо МЧС России от 05.03.2024 N 43-1307-19 "О требованиях нормативных документов по пожарной безопасности к пожарным проездам, подъездам и обеспечению доступа подразделений пожарной охраны". URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_471793.
7. ГОСТ Р 50574-2002 Автомобили, автобусы и мотоциклы оперативных служб. Цветографические схемы, опознавательные знаки, надписи, специальные световые и звуковые сигналы. URL: <https://base.garant.ru/12136433/?ysclid=m411ohz67970033289>.
8. Опарин И.Д. Ранжирование урбанизированных территорий при оценке комплексного ущерба от пожаров / И.Д. Опарин, А.А. Яшин // Экономика региона. – 2020. – Т. 16. – вып. 4. С. 1239-1253.

9. Костромина Е.И. Оценка риска пожарной опасности больших городов в условиях научной определённости // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 2451–2455. URL: <http://e-koncept.ru/2016/86520.htm>.
10. Liu, D., Xu, Z., Yan, L., Wang, F. Applying real-time travel times to estimate fire service coverage rate for high-rise buildings // Appl. Sci. 2020, 10, 6632.
11. Liu, D., Xu, Z., Yan, L., Fan, C. Dynamic estimation system for fire station service areas based on travel time data // Fire Saf. J. 2020, 118, 103238.
12. Almuraykhi, K.M., Akhlaq, M. STLS: Smart Traffic Lights System for Emergency Response Vehicles. In Proceedings of the ICCIS 2019 International Conference on Computer and Information Sciences, Sakaka, Saudi Arabia, 3–4 April 2019; ISBN 978-1-5386-8125-1.
13. Григоренко Н.И. Разработка методических основ конструирования двигателей минитракторов с заданными виброакустическими параметрами: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.04.02 / Моск. гос. автомобильно-дорожный ин-т. – Москва, 1999. – 18 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_000249125/?ysclid=m3oee2gb7v448598907.
14. Григоренко Н.И., Гутников В.А. Система распознавания объектов беспилотных автомобилей в условиях бездорожья // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2023. № 3-4 (106-107). С. 20–27.
15. Комиссаров А. В., Алтынцев М. А. Метод активного дистанционного зондирования: лазерное сканирование: монография. – Новосибирск: СГУГиТ, 2020. 254 с.
16. Алгоритм обработки данных, основные и дополнительные инструменты Agisoft Metashape. Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Запись в реестре №10523 от 17.05.2021 на основании приказа №460. URL: https://eftgroup.ru/upload/iblock/93a/xlvvy8l93ubbssb2ls50tsfmxhoz1yaxu/metashape_pro_1_8_ru.-pdf?ysclid=luph8f32k159946325.
17. Автолестница пожарная АЛ-50 на шасси КАМАЗ. URL: <https://avto.kamazkamaz.kz/6/4/al50>.
18. Гладов Г. И. Устройство автомобилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Г. И. Гладов, А. М. Петренко. – 6-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 352 с. ISBN 978-5-4468-5501-8.
19. Иоффе М.Л. Принцип Аккермана и его реализации в современных автомобилях. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2021, № 9, с. 40-47, doi: 10.18698/0536-1044-2021-9-40-47.

DEVELOPMENT OF THE INFRASTRUCTURE OF THE URBAN AGGLOMERATION, TAKING INTO ACCOUNT SAFETY CRITERIA AND ASSESSMENT OF THE PATENCY OF FIRE EQUIPMENT IN EMERGENCIES

Grigorenko N.I.¹ Gutnikov V.A.²

¹The national research center «Kurchatov institute»

²Central Research and Design Institute for Urban Planning

Abstract

A methodological approach to assessing the risk of fire hazard in large cities is considered. The problem is caused by the restriction of the intra-house territories of residential areas and the emergence of secondary problems in the form of the inability to reach the accident site of large-sized fire vehicles in case of an emergency. A systematic approach to improving the operational suitability of a residential area in the event of an emergency is presented. The main goal is to ensure the safety and patency of large-sized models of fire equipment. The use of a digital model is proposed to ensure the safety of the urban agglomeration. The results obtained using this methodology can be implemented

into navigation applications for the fire service and ensure safety in modern agglomerations. Specific ways are presented by which the entire system can be modified to be able to intuitively change and select individual access routes in real time based on the current situation.

Keywords

fire-fighting vehicle; transport; residential areas; route; digital model