

УДК 656.08(02)

**Недобитков Александр Игнатьевич**

кандидат технических наук, Восточно-Казахстанский государственный технический университет, г. Усть-Каменогорск  
e-mail: [a.nedobitkov@mail.ru](mailto:a.nedobitkov@mail.ru)

**Охотенко Андрей Иванович**

инженер-исследователь, Восточно-Казахстанский государственный технический университет, г. Усть-Каменогорск  
e-mail: [aohotenko@mail.ru](mailto:aohotenko@mail.ru)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ Agisoft PhotoScan И БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ЦЕЛЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

*Нақты жол қиылысы мысалында ұиқышсыз ұшу аппаратын және Agisoft PhotoScan бағдарламалық жасақтамасын қолдану нәтижелері ұсынылған. Осы әдісті қолдану, біріншіден, зерттелетін нысанды жаратынды тексеру уақытын біришама қысқартатындығын, екіншіден, тіркеу дәлдігін арттыратындығын, үшіншіден, нақты жағдаяттарды анықтауға, оның ішінде жол қозғалысын ұйымдастыруды жетілдіру бойынша ұсыныстарды әзірлеуге қажетті көлік құралдарының қозғалыс траекториясы мен қақтығыс нүктелерінің координаттарын анықтауға мүмкіндік беретіндігі көрсетілген. Осы әдісті қолдана отырып тексеру жүргізу нәтижелері үшөлшемді моделдеу үшін қолданылуы мүмкін.*

**Негізгі сөздер:** заманауи техникалық құралдар, техникалық құралдарды қолдану өзектілігі, ұиқышсыз ұшу аппараты, оқиға орнын тексеру тиімділігі, жол қозғалысын ұйымдастыру, кешенді зерттеу, сканерлеу.

*На примере конкретного перекрестка представлены результаты использования беспилотного летательного аппарата и программного обеспечения Agisoft PhotoScan. Показано, что применение данного метода, во-первых, значительно сокращает время натурного осмотра исследуемого объекта, во-вторых, повышает точность фиксации, в- третьих, позволяет устанавливать фактические обстоятельства, в том числе траекторию движения транспортных средств и координаты конфликтных точек, необходимые для разработки рекомендаций по совершенствованию организации дорожного движения. Результаты осмотра с применением данного метода могут быть использованы для трехмерного моделирования.*

**Ключевые слова:** современные технические средства, актуальность использования технических средств, беспилотный летательный аппарат, эффективность осмотра места происшествия, организация дорожного движения, комплексное исследование, сканирование.

*We presented results of use of an unmanned aerial vehicle and AgisoftPhotoScan software received by the example of a specific cross-road. The results suggest the following: firstly, it is possible to significantly reduce time needed to conduct field inspection of the object under study; secondly, fixation accuracy could be improved; thirdly, the approach allows substantiating actual facts and circumstances including motion paths of vehicles and coordinates of the points of conflict, which are required to develop recommendations for improvement of the traffic management process. The inspection results obtained according to this method could be used for 3D-modeling.*

**Key words:** modern technical means, actuality of use of technical means, unmanned aerial vehicle, efficiency of the accident site inspection, traffic management, comprehensive research, scanning.

**Введение**

В работе [1] отмечается, что в Казахстане на 100 тыс. жителей ежегодно в ДТП погибает 21,9 человек. В свою очередь, по данным

Комитета по правовой статистике и специальным учетам, количество зарегистрированных ДТП в 2018 году - 11 106, в 2019 - 11 484 (рост на 3,4%), количество

раненых в 2018 году – 14 416, в 2019 – 15 324 (рост на 6,3%), количество погибших в 2018 году – 1 463, в 2019 – 1552 (рост на 6,1%).

Проблему высокого уровня смертности на дорогах озвучил Президент РК Касым-Жомарт Токаев, прямо указав: «Вероятность погибнуть в ДТП в Казахстане в 11 раз выше, чем в странах Европы. Мы эту проблему обсуждали и в Парламенте, и в правительстве. Однако она остается нерешенной и носит актуальный характер». Он поручил МВД и МИИР РК, а также акиматам областей и городов принять меры, как в вопросах инфраструктуры, так и в части внедрения интеллектуальных систем контроля за движением.

В работе [2] показано, дорожно-транспортные происшествия лишь в редких случаях могут быть объяснены одной причиной. Они обычно являются результатом взаимодействия ряда факторов, но при анализе статистических данных обычно указывается лишь одна причина [2].

Автором [2] на конкретных примерах продемонстрировано, что незначительная роль дорожных условий в возникновении ДТП объясняется лишь тем, что работники, расследующие происшествия, не используют аппаратуру, которая могла бы объективно фиксировать размеры и состояние элементов дороги, а также погодные условия в момент возникновения происшествия. По данным [2] в 1991 г. Всесоюзный научно-исследовательский центр безопасности дорожного движения МВД СССР признал, что неудовлетворительное состояние улиц и дорог является прямой или сопутствующей причиной 40-45% всех дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах.

Автором [3] указано, что рост интенсивности транспортных и пешеходных потоков непосредственно сказывается на безопасности дорожного движения, а обеспечение быстрого и безопасного движения в современных городах требует применения комплекса мероприятий архитектурно-планировочного и организационного характера.

Также, согласно п.20 ст.1 закона Республики Казахстан «О дорожном движении» организация дорожного движения – комплекс организационно-правовых, нормативно-методических, проектно-исследовательских, организационно-технических, контрольно-надзорных, распорядительных и других мероприятий по управлению

дорожным движением.

В свою очередь, согласно п.19 ст.1 закона Республики Казахстан «О дорожном движении» технические средства регулирования дорожного движения- дорожные знаки, дорожная разметка, светофоры, регулирующие устройства на железнодорожных переездах, а также дорожные ограждения и направляющие устройства.

Таким образом, дорожные знаки применяют на автомобильных дорогах и улицах для организации движения и обеспечения его безопасности. Они устанавливают определенный порядок или информируют водителей и пешеходов об условиях движения на пути следования [3].

В работах [4-8] отмечается, что повсеместное распространение цифровых систем видеорегистрации привело к тому, что всё большее количество участков дорог с аварийными ситуациями оказывается запечатлённым видеозаписью. При этом авторами подчеркнута, что развитие высокопроизводительной вычислительной техники и совершенствование средств получения цифровых изображений обусловили использование фотограмметрических методов при решении задач дистанционных измерений объектов не только в археологии, архитектуре, биологии, инженерии, геологии и геодезии, в киноиндустрии, но также для решения криминалистических задач, в том числе и для реконструкции обстоятельств ДТП [4-8].

В работах [6,7,8] описаны возможности лазерного сканирования и использования систем 3D-моделирования при анализе механизма ДТП. При этом автором [7] указано, что такой вид запечатления вещной обстановки на месте происшествия не может являться объективным, хотя разработчики утверждают обратное. В качестве альтернативы автор [7] указывает на весьма перспективный способ съемки с использованием беспилотного летального аппарата, поскольку применение современных криминалистических технических средств позволяет оперативно получить наилучшие результаты. Аналогичный подход продемонстрирован и в работе [9].

#### Материалы и методы исследования

Исследования проводились в Центре опережающего развития «Veritas» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д.Серикбаева.

Для реконструкции событий происшествия с помощью метода трехмерного компьютерного моделирования используется программное обеспечение Agisoft PhotoScan установленная на ноутбук (Core I7 8-9 поколения, DDR4 16 Гб 2400 МГц, видеокарта не ниже GeForce GTX 1050, SSD 1 Тб) или стационарный компьютер, БПЛА с возможностью проведения фотосъемки и пространственной привязки фотоснимков с помощью спутников глобального позиционирования такие как DJI Mavic 2 Pro или DJI Phantom 4 Pro+ V2.0.

### Результаты и их обсуждение

Целью данной работы является не детальная разработка организации дорожного движения на площади Ушанова, а наглядная иллюстрация возможностей применений беспилотного летательного аппарата и программного комплекса Agisoft PhotoScan при натурном обследовании объекта улично-дорожной сети и анализе его результатов. Необходимо отметить, что 22.07.2020 была завершена реконструкция площади Ушанова, при этом проезжая часть вокруг площади расширена до пяти полос (см. рис.1).

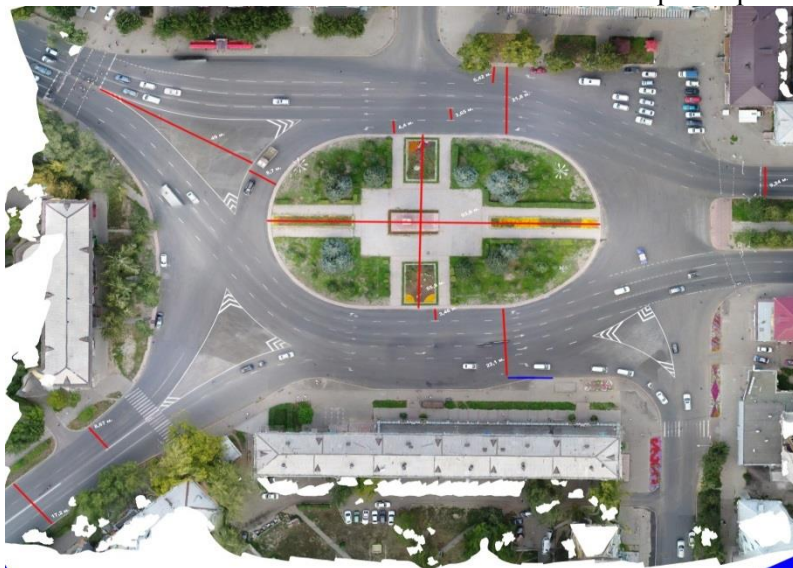
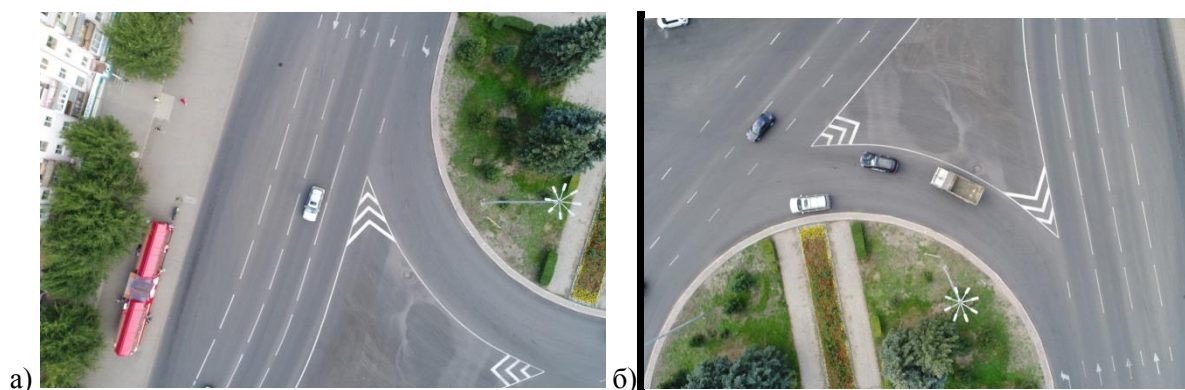


Рисунок 1- Общий вид площади им. Ушанова в г. Усть-Каменогорске после реконструкции.

Из рис.1 следует, что на площади Ушанова организовано кольцевое движение. При этом центральный островок имеет форму эллипса [10,11], большая ось которого составляет 93,8 м., а малая- 55,8 м. Необходимо отметить, что длина направляющего островка в сторону проспекта Н.Назарбаева составляет 49 м. (см.

рис.1). Ширина кольцевой проезжей части в створе ул. Космической составляет 21,8 м., а в створе ул. Потанина -22,1 м. (см. рис.1) При этом ширина кольцевой проезжей части для правоповоротного движения на ул. Потанина составляет 8,7 м. (см. рис.1,2)



а-радиус закругления направляющего островка близок к касательной к границе четвертой полосы

движения;

б- ширина полосы меняется от 4,4 м. до 8,7 м., что позволяет движение в два ряда.

Рисунок 2- Полоса для левоповоротного движения.

На рис. 1 и 2 показано, что ширина левоповоротной полосы увеличивается с 4,4 м. до 8,7 м., несмотря на то, что в работе [11] рекомендуется принимать ширину полосы для кругового движения в диапазоне 4,3-4,9 м.

Также необходимо отметить, что радиус закругления направляющего островка близок к

касательной к границе четвертой полосы движения, что подразумевает возможность левого поворота с этой полосы, но дорожная разметка 1.18 предписывает левостороннее движение только из крайней левой полосы (см. рис. 1,2).



Рисунок 3- Выезд с ул.Космической, а-вид сверху, б- крайняя левая полоса занята двумя автобусами, в-выезд автобусов на ул. Потанина.

Следует указать, что при выезде с ул. Космической с левым поворотом имеет место не переплетение, а пересечение автомобилей под острым углом ( $\alpha \leq 60^\circ \div 80^\circ$ ), вследствие чего движение транспортных потоков носит прерывистый характер [10,11] (см. рис.3а). Это особенно наглядно проявляется в момент пересечения проезжей части маршрутным автобусом №17, который из-за своих габаритных размеров одновременно перекрывает несколько полос движения.

В работах [12,13] доказано, что для практических целей проектирования принимаются размеры расчетного автомобиля, в частности для городского автобуса минимальный внешний радиус рекомендуется 10,54 м., длина 12 м., ширина 2,5 м., расстояние от заднего моста до передней части 7,4 м.

В теории движения автомобилей область проезжей части, необходимая для безопасного движения ТС с заданной скоростью, получила название динамический коридор. Динамический коридор состоит из области дороги, над которой проходит автомобиль, и некоторого зазора безопасности в поперечном направлении от автомобиля.

Ширина динамического коридора при криволинейном движении определяется по формуле:

$$B_k = R_n - \sqrt{(R_n^2 - L^2)} + B_a = 5.54 \text{ м.}$$

где

$R_n$ - минимальный наружный радиус, 10,54 м.

$L$ - расстояние от заднего моста до передней части, 7,4 м.

$B_a$  – ширина, 2,5 м.

Сравнивая полученное значение с шириной левой полосы  $5,54 > 4,4$  приходим к выводу, что городской автобус маршрута №17 не сможет повернуть в предназначенной для этого полосе и начнет маневр с четвертой полосы.

Следует напомнить, что по крайней левой полосе с поворотом на улицу Потанина осуществляют движение городские автобусы маршрутов №33, №47, 7а, 44. При одновременном нахождении в крайней левой полосе двух и более автобусов, остается свободное место для не более, чем 5-7 легковых автомобилей, что создает заторовую ситуацию на перекрестке и вынуждает водителей совершать левый поворот из четвертой полосы (см. рис. 3б).

Необходимо отметить, что до реконструкции площади Ушанова в створе ул. Потанина было три полосы движения, причем крайняя левая предназначалась для левоповоротного движения, а остальные для правоповоротного на ул. Потанина (см. рис.4).



Рисунок 4- Три полосы движения в створе ул. Потанина до реконструкции.

В работе [10] отмечается, что на основе анализа геометрических характеристик развязки и полученных данных об интенсивности и составе транспортных и пешеходных потоков могут быть приняты решения о применении горизонтальной разметки рядов движения, нанесении на проезжей части стрел 1.18 и канализировании отдельных участков с помощью направляющих островков. В рассматриваемом примере необоснованное увеличение размеров направляющего островка до 49 м. привело к снижению пропускной способности левоповоротного направления движения и возникновению заторовых ситуаций, вынуждающих водителей нарушать ПДД. В настоящее время не модно цитировать К. Маркса, но он писал: «Мудрый законодатель предупредит преступление, чтобы не быть вынужденным наказывать за него». В данном случае рациональным вариантом является уменьшение длины направляющего островка, увеличение ширины кольцевой проезжей части в створе улицы Потанина с 8,7 м. до  $4,4 \times 3 = 13,2$  м. и разрешение левого поворота с четвертой полосы движения.

В ходе данной работы с помощью беспилотного летательного аппарата с возможностью проведения фотосъёмки и пространственной привязки фотоснимков с помощью спутников глобального позиционирования таких как DJI Mavic 2 Pro или DJI Phantom 4 Pro+ V2.0 была определена размерная цепь кольцевого пересечения, что не потребовало подготовки многочисленных наблюдателей для определения объемов входящих и выходящих потоков, выявления наиболее загруженного сечения круговой развязки и т.д. [10].

Приведенный пример наглядно

подтверждает мнение авторов [10], которые отмечают, что существующие развязки кругового типа нуждаются в контроле специалистов по ОДД и модернизации в зависимости от изменений состава и интенсивности транспортных потоков и их распределения по направлениям прилегающих дорог.

#### Выводы

Экспериментально показано, что этап фиксации объектов, транспортных средств и геометрических размеров элементов перекрестка при использовании беспилотного летательного аппарата может занимать промежутки времени порядка 5-10 минут, что сокращает временные затраты и не требует многочисленных наблюдателей.

Наглядно установлено, что результаты обработки данных программным комплексом Agisoft PhotoScan и пространственной привязки фотоснимков с помощью спутников глобального позиционирования, таких как DJI Mavic 2 Pro или DJI Phantom 4 Pro+ V2.0, дают более точные и объективные результаты, чем измерение рулеткой на объекте улично-дорожной сети.

Настоящим исследованием подтверждено, что использование данного метода позволяет получать исходные данные для анализа, включающие не только размеры участка улично-дорожной сети в горизонтальной плоскости, но и в вертикальной (уклон и дефекты дорожного покрытия).

Кроме того, предлагаемый метод позволяет получать объективные исходные данные для проектирования кольцевых пересечений в различных программных комплексах (например, CREDO) на высоком научно-техническом уровне.

Список использованной литературы:

1. Махмутов А.Т., Сакиев К.З., Сарталиев Ш.Д. и др. Анализ смертности от дорожно-транспортных происшествий в Казахстане и других странах мира // Гигиена труда и медицинская экология. - 2016. - № 1(50).
2. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов.-М.: Транспорт, 1993.-271 с.
3. Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов.- М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.-279 с.
4. Кривощёков С.А. Способы определения размеров объектов и расстояний между ними по изображению, зафиксированному фото- или видеокамерой с неизвестными параметрами, при помощи фотограмметрического программного обеспечения / Теория и практика судебной экспертизы № 3 (31) — М.: ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России 2013 — с. 46-52.
5. Жарких С.С., Годлевский А.А., Кривощёков С.А. Возможности комплексных исследований экспертизы видеозаписи и автотехнической экспертизы // Теория и практика судебной экспертизы. 2019. том 14. № 2. с. 67–83. <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2019-14-2-67-83>
6. Сараев А. В., Данец С.В. Методы исследования дорожно-транспортных происшествий с использованием современных автоматизированных средств // Наука и техника. 2019. Т. 18, № 3. с. 256–264. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-256-264>.
7. Думнов С.Н. К вопросу о применении метода лазерного 3D-сканирования при производстве судебной автотехнической экспертизы//Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2019. Т.90. №3. с.133-145.
8. Бондаренко А. А. Применение фотограмметрических методов для фиксации обстановки дорожно-транспортного происшествия // Судебная экспертиза научно-практический журнал. 2005. №3. с 36-38.
9. Добромиров В.Н., Евтюков С.С., Голов Е.В. Современные технологии первичного осмотра места дорожно-транспортного происшествия//Вестник гражданских инженеров.№2 (61), 2017. с.232-239.
10. Клиновштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов.– 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.
11. Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог.-М.: Издательство ФГУП «Информавтодор», 2016 – 162 с.
12. Абдуназаров, Ж.Н. Расчетный автомобиль для проектирования автомобильных дорог/Ж.Н.Абдуназаров // Вестник МАДИ.– 2013.– вып. 3(31). – с.77 – 82.
13. Абдуназаров, Ж. Н., Мамарасулова М. Н Рекомендуемые параметры расчетных автомобилей для Российской Федерации // Молодой ученый. — 2016. — № 7.2 (111.2). — с. 26-29.

**Недобитков Александр Игнатьевич**

**Лауазымы:** техника ғылымдарының кандидаты, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университетінің "Veritas" озыңқы даму орталығының аға ғылыми қызметкері.

**Пошталық мекенжайы:** 070002, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, Серікбаев көшесі, 19  
**сот. тел:** 87772833545

**Охотенко Андрей Иванович**

**Лауазымы:** Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университетінің "Veritas" озыңқы даму орталығының инженер-зерттеушісі.

**Пошталық мекенжайы:** 070002, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, Серікбаев көшесі, 19  
**сот. тел:** 87057954412

**Жол қозғалысын ұйымдастыруды жетілдіру мақсатында Agisoft PhotoScan және ұшқышсыз ұшу аппаратын пайдалану**

**Недобитков Александр Игнатьевич**

**Должность:** кандидат технических наук, старший научный сотрудник Центра опережающего развития «Veritas» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им.Д.Серикбаева.

**Почтовый адрес:** 070002, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19  
**сот. тел:** 87772833545

**Охотенко Андрей Иванович**

**Должность:** инженер-исследователь Центра опережающего развития «Veritas» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им.Д.Серикбаева

**Почтовый адрес:** 070002, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19  
**сот. тел:** 87057954412

**Использование Agisoft PhotoScan и беспилотного летательного аппарата в целях совершенствования организации дорожного движения**

**Nedobitkov Alexander Ignatievich**

**Position:** candidate of technical Sciences, senior researcher at the center for advanced development "Veritas» East Kazakhstan state technical University named after D. Serikbayev.

**Postal address:** 070002, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Serikbayev str., 19

**cell phone:** 87772833545

**Okhotenko Andrey Ivanovich**

**Position:** research engineer At the center for advanced development "Veritas» D. Serikbayev East Kazakhstan state technical University

**Postal address:** 070002, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Serikbayev str., 19

**cell phone:** 87057954412

**Using Agisoft PhotoScan and an unmanned aerial vehicle to improve traffic management**