

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Совершенствование системы фиксации обстоятельств дорожно-транспортных происшествий» содержит 91 страницу текстового документа, 34 иллюстрации, 29 формул, 4 таблицы, 1 приложение, 38 использованных источников, 15 листов презентационного материала.

ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ОСМОТР МЕСТА ПРОИСШЕСТВИЯ, ФОТОФИКСАЦИЯ СЛЕДОВ ДТП, КВАДРОКОПТЕР, ФОТОГРАММЕТРИЯ.

В разделе «Состояние вопроса. Цели и задачи исследования» приведено описание имеющейся системы оформления дорожно-транспортных происшествий, указаны недостатки этой системы. Описаны нормативные акты, регламентирующие порядок действий при ДТП.

В основной части выпускной квалификационной работы изучены правовые особенности получения и использования результатов фотограмметрической съемки места происшествия, приведен анализ фотограмметрических средств, программного обеспечения для 3-D моделирования, построена математическая модель, которая легла в основу предлагаемого метода фиксации. В экспериментальной части смоделировано ДТП с участием двух транспортных средств, построена на основе метода триангуляции и фотограмметрии 3-D модель ДТП.

Научная новизна:

- предложена математическая модель, лежащая в основе фотограмметрического метода фиксации ДТП;
- предложены практические рекомендации по внедрению перспективного метода фиксации.

Практическая ценность работы заключается в разработке рекомендаций по совершенствованию методов фиксации обстоятельств ДТП с использованием компьютерных и информационных технологий.

Разработана методика фиксации обстоятельств ДТП, которая позволит увеличить точность фиксируемой информации, уменьшить время пребывания транспортных средств на проезжей части, разгрузит лицо, оформляющее ДТП и снизит риск возникновения заторовых ситуаций на улично-дорожной сети.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Состояние вопроса. Цели и задачи исследования.....	6
1.1 Описание имеющейся системы оформления дорожно-транспортных происшествий.....	7
1.1.1 Порядок самостоятельного оформления ДТП.....	9
1.1.2 Порядок оформления ДТП с участием ГИБДД.....	11
1.2 Существующие формы и методы фиксации обстоятельств ДТП.....	13
1.3 Нормативные акты, регламентирующие порядок действий при ДТП и требования к оформлению документов.....	18
1.4 Выводы по главе, цели и задачи исследования.....	19
2 Оценка возможности применения фотограмметрических способов фиксации ДТП.....	21
2.1 Правовые особенности получения и использования результатов фотограмметрической съемки места происшествия при расследовании ДТП.....	21
2.2 Обзор оборудования для фиксации обстоятельств ДТП.....	27
2.2.1 Применение фотографических методов фиксирования обстоятельств ДТП и построения схемы.....	32
2.2.2 Применение фотограмметрических методов фиксирования обстоятельств ДТП и построения схемы.....	33
2.2.3 Применение методов 3-D сканирования для фиксации обстоятельств ДТП и построения схемы.....	35
3 Разработка требований к применяемому оборудованию для фотограмметрического метода фиксации ДТП.....	39
3.1 Методика построения моделей на основе фотограмметрической съемки.....	39
3.1.1 Система координат снимка. Элементы внутреннего ориентирования снимка.....	40
3.1.2 Особенности измерения координат на цифровом снимке.....	42
3.1.3 Система координат объекта, элементы внешнего ориентирования снимка.....	44
3.1.4 Элементы внешнего ориентирования пары снимков.....	46
3.1.5 Системы координат модели объекта. Элементы взаимного ориентирования пары снимков.....	47

3.1.6 Преобразование координат из систем координат стереопары идеального случая аэросъёмки в систему координат объекта...	49
3.1.7 Преобразование координат из систем координат стереопары в систему координат объекта.....	50
3.2 Анализ программного обеспечения для 3-D моделирования и фотограмметрической обработки.....	53
3.2.1 Autodesk ReCap.....	53
3.2.2 Agisoft PhotoScan.....	55
3.2.3 Autodesk ReMake.....	57
3.2.4 Pix4d.....	58
3.2.5 CYBID PHOTORECT.....	60
3.2.6 DroneDeploy.....	63
3.3 Практические рекомендации по внедрению метода фиксации на основе разработанной модели.....	66
3.3.1 Устройство и принцип работы квадрокоптера.....	66
3.3.2 Внешний вид и технические характеристики.....	68
3.3.3 Управление БПЛА.....	69
4 Методика фиксации ДТП с использованием БПЛА.....	71
4.1 Практические рекомендации по внедрению метода фиксации на основе разработанной модели.....	71
4.2 Регистрация БПЛА согласно требованиям Воздушного Кодекса РФ.....	73
4.3 Требования к точности при фиксации следов ДТП.....	74
4.4 Эмпирическая оценка возможности использования предлагаемой методики фиксации обстоятельств ДТП.....	76
4.5 Преимущества предлагаемого метода фиксации ДТП.....	84
Заключение.....	85
.....	
Список использованных источников.....	86
Приложение А. Извещение о дорожно-транспортном происшествии.....	90

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития российского общества одним из приоритетных направлений развития является обеспечение безопасности дорожного движения. Анализ статистических данных дает основания утверждать, что аварийность на автомобильном транспорте наносит огромный материальный и моральный ущерб как обществу в целом, так и отдельным гражданам. За последние 10 лет парк легковых автомобилей в России вырос на 37 % – с 31,8 млн. штук в начале 2009 года до 43,5 млн. штук к началу 2019 года. Рост автомобильного парка влечет за собой увеличение количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

За 2018 год в Российской Федерации зафиксировано 168,1 тысяч дорожно-транспортных происшествий [1].

Анализ правоприменительной практики показывает, что одним из наиболее важных в доказательственном аспекте первоначальных следственных действий по уголовным делам о ДТП является осмотр места происшествия, от качества производства которого напрямую зависит успех расследования. Уровень полноты и детализации при фиксации материальной обстановки места ДТП определяет возможность дальнейшего производства необходимых экспериментальных исследований и вероятность получения категорического вывода на поставленный вопрос.

Осмотр места совершения дорожно-транспортного происшествия всегда создает неудобства для транспортного потока. Часто это вызывает «пробки», блокирует отдельные дорожные направления, развязки. В определенной степени это сказывается на общем ритме движения транспорта, безопасности и экономике. Время фиксации обстановки на месте ДТП в среднем составляет 1 час 10 минут.

Необходимо решить задачу оперативного осмотра и фиксации места ДТП с целью освобождения проезжей части дороги.

Осмотр места ДТП характеризуется высокой сложностью:

– ввиду необходимости его проведения в сжатые сроки, так как осмотр мест ДТП нередко проходит в условиях интенсивного автомобильного движения, где при быстро меняющейся обстановке сложно сохранить в неизменном виде картину происшествия;

– ввиду наличия достаточно большого количества следов на месте ДТП.

В рассматриваемом аспекте весьма перспективно внедрение технических средств, позволяющих автоматизировать некоторые процессы осмотра места происшествия при расследовании ДТП.

Автоматизация процесса составления схемы ДТП, иных составляемых в результате ДТП документов позволит в достаточной степени разгрузить лицо, осуществляющее осмотр, а также снизить роль человеческого фактора при осмотре. Другим перспективным направлением является внедрение в практику фотограмметрических технологий.

1 Состояние вопроса. Цели и задачи исследования

Дорожно-транспортные происшествия занимают преобладающее место в перечне факторов, обуславливающих уровень травматизма и гибели людей, значительных материальных затрат в разного рода ситуациях, связанных с несчастными случаями.

Преступные нарушения правил дорожного движения отличаются значительной распространенностью и повышенной общественной опасностью [2].

Введение всеобщего обязательного страхования автогражданской ответственности при дорожно-транспортных происшествиях, как показывает анализ судебной практики, не решило этой проблемы. Если до страхования большинство «мелких» дорожно-транспортных происшествий (в рамках административной ответственности), где ущерб был незначительный, водители транспортных средств решали конфликт путем взаимных договоренностей, без участия сотрудников ГИБДД, то в сегодняшних условиях ситуация в корне изменилась. Застрахованному водителю нет смысла договариваться – убытки возмещает страховая компания, а следовательно требуется расследование, которое связано с реконструкцией обстоятельств происшествия. Даже если оба водителя будут застрахованы, ситуация может быть конфликтной в отношении установления виновного, а значит и суммы и адреса возмещаемого ущерба. Кроме того, расследование дорожно-транспортных происшествий как в рамках административного, так и уголовного права связано с определенными затратами сил, времени и средств. Практика показывает, что из-за отсутствия достаточной объективной информации об обстоятельствах дорожно-транспортного происшествия многие дела годами остаются не расследованными.

Несовершенство системы сбора и обработки данных о ДТП не позволяет в полной мере реконструировать картину происшествия. Отсутствие данных в протоколе осмотра места происшествия из-за кажущейся на первый взгляд их незначительности, которые и составляют фактическую базу при реконструкции полной картины происшествия, существенно снижают вероятность формирования достоверных и обоснованных выводов.

Учитывая все эти сложности, представляется, что расследование ДТП следует отнести к категории достаточно сложных с точки зрения получения материально фиксированных доказательств, основанных на всестороннем анализе всех объективных факторов, учитывающихся при проведении экспертных исследований с целью объяснения механизма ДТП и на их основе ведения доследственной проверки, предварительного и судебного следствия [3].

Осмотр места ДТП должен производиться сразу же после получения сообщения о случившемся событии. Объясняется это тем, что ДТП происходят на дорогах или оживленных автомагистралях с интенсивным движением транспортных средств, которые могут уничтожить следы,

имеющие важное значение для установления истины по делу, а приостанавливать движение на время осмотра не всегда представляется возможным. Кроме того, необходимо учитывать и пагубное воздействие атмосферных условий, а также то обстоятельство, что промедлением с выездом могут воспользоваться виновники ДТП (например, уезд с места происшествия, уничтожение следов преступления на транспортном средстве или на проезжей части, умышленное повреждение узлов или агрегатов транспортного средства, чтобы впоследствии заявить о случае возникшей неисправности во время движения).

Своеобразие дорожно-транспортных происшествий и сложность их расследования обуславливается тем, что осмотр места происшествия нередко приходится проводить в сжатые сроки из-за невозможности приостановления движения на длительное время. Поспешное проведения осмотра и фиксации обстоятельств ДТП отрицательно сказывается на его качестве и объективности, в то время как промедление может привести к утрате доказательств и существенно повлиять на пропускную способность магистралей, улиц и дорог.

1.1 Описание имеющейся системы оформления дорожно-транспортных происшествий

Под дорожно-транспортным происшествием (ДТП) понимаются случаи, возникшие в процессе движения автомобилей, мотоциклов, мотоклясок, мотороллеров, мопедов, подлежащих регистрации в Государственной автомобильной инспекции, трамваев, троллейбусов, колесных тракторов и самоходных машин на автомобильных шасси по улицам городов, населенных пунктов, на всех дорогах и повлекшие за собой гибель или телесные повреждения людей, порчу транспортных средств, сооружений, грузов или иной материальный ущерб.

Порядок оформления ДТП зависит от того, есть ли пострадавшие, согласны ли все участники аварии с обстоятельствами происшествия, от количества транспортных средств (ТС), участвующих в ДТП, от размера ущерба, нанесенного ТС. Процедура прописана в п. 2.5, 2.6, 2.6.1 Постановления Правительства РФ «О правилах дорожного движения» от 23.10.1993 № 1090 (далее – ПДД).

Способы оформления ДТП следующие:

- 1) С вызовом сотрудников государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД) на место происшествия.
 - 2) Без вызова сотрудников ГИБДД, с последующей явкой в подразделение Госавтоинспекции для оформления документов.
 - 3) Без участия сотрудников ГИБДД, путем составления извещения о ДТП его участниками (европротокол) и передачи его в страховую компанию.
- Алгоритм действий при ДТП представлен в блок-схеме на рисунке 1.1.

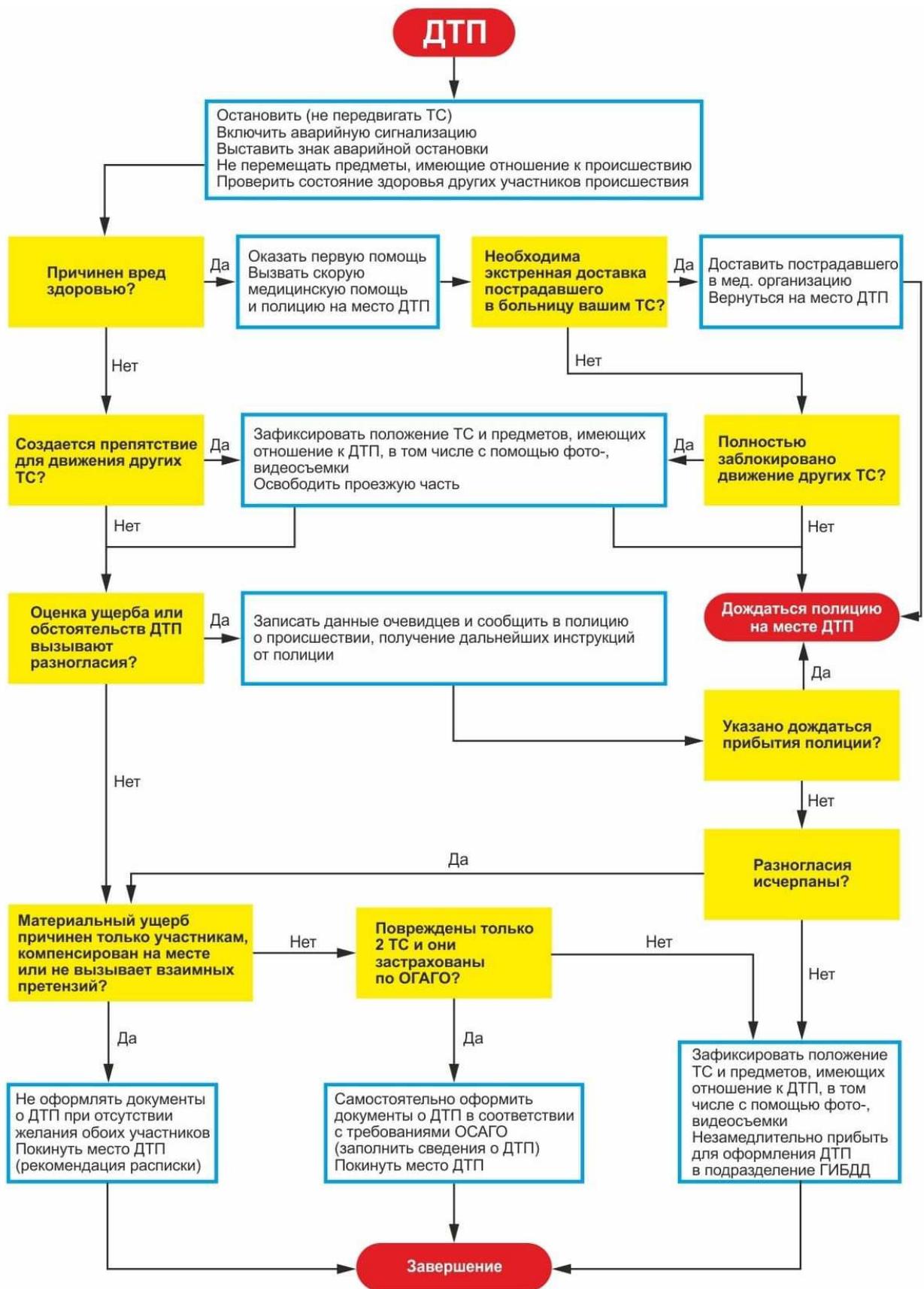


Рисунок 1.1 – Порядок действий при возникновении ДТП

Оформление ДТП с обязательным участием сотрудников ГИБДД производится в следующих случаях:

- если повреждения получили три автомобиля и более (автомобиль с прицепом принимается за две транспортные единицы);
- ущерб превышает сумму в 100 тыс. рублей (400 тысяч рублей, если авария произошла на территории Москвы, Санкт-Петербурга, Московской или Ленинградской областей);
- имеются пострадавшие, в том числе, пешеходы;
- повреждено муниципальное имущество (ограждающие конструкции, фонарные столбы, рекламные щиты и т. д.);
- один из водителей демонстрирует признаки алкогольного либо наркотического опьянения, ведет себя агрессивно, угрожает физической расправой.

Самостоятельное оформление ДТП возможно при следующих условиях:

- в ДТП участвовали только два автотранспортных средства, и оба участника имеют действующий полис ОСАГО;
- пострадали только автомобили и прицепы к ним. Нет пострадавших, погибших, вред иному имуществу не причинен.
- у участников нет разногласий в связи с повреждениями авто. Если стороны обвиняют друг друга в произошедшем, придется вызвать ГИБДД;
- размер ущерба не превышает 100 тыс. рублей. Если автовладелец уверяет, что такая сумма не покроет расходы по ремонтным работам автомобиля, следует вызвать сотрудников ГИБДД. Если обстоятельства аварии не удовлетворяют этим условиям, оформлять ДТП придется в общем порядке.

1.1.1 Порядок самостоятельного оформления ДТП

Если у участников нет друг к другу претензий, если нет пострадавших, водители могут действовать следующим образом:

- зафиксировать все на видео или фото;
- съехать с места аварии;
- самостоятельно оформить извещение о случившемся;
- если бланка с собой нет, можно приехать в ближайшее отделение ДПС и составить все документы, а сотрудники помогут в этом;
- можно обойтись без оформления документации, если ущерб незначителен, а стороны пришли к согласию о покрытии расходов на ремонт.

Автотранспортное средство убирают с дороги, если оно мешает проехать другим участникам дорожного движения, если нет разногласий, а инцидент можно решить мирным путем.

Рассмотрим подробнее порядок оформления ДТП без участия сотрудников ГИБДД.

Заполнение европротокола – это процедура оформления документов о ДТП без сотрудников ГИБДД. Это бланк извещения об аварии. На его основании можно получить компенсацию по страховому полису.

Оформление по европротоколу – это возможность своими силами задокументировать случившееся и оперативно разъехаться, при этом не создавать заторов на дороге, минимизировать риск возникновения новых столкновений. Такая возможность доступна во всех регионах РФ.

Европротокол при ДТП обязательно должен составляться на бланке под названием «Извещение о дорожно-транспортном происшествии». Данный бланк приведен в Приложении 1.

Документ состоит из основного листа и вкладыша, на который копируются сведения, вносимые на первый лист. После оформления лицевой стороны основной бланк отделяют от дополнительного. Каждый из этих листов обладает равной юридической силой.

Соблюдение правил оформления европротокола при аварии минимизирует риск возникновения разногласий со страховщиком при рассмотрении документов на денежную компенсацию:

- заполняется бланк простой шариковой ручкой, разборчиво, печатными буквами;

- не допускаются помарки и исправления;

- заполняются все графы и поля.

На лицевой стороне указывают:

- информацию о месте, дате аварии (если это трасса, фиксируется ее наименование, километр), времени (должно быть точным до минуты);

- количество поврежденных машин (2), отсутствие пострадавших (другого быть не должно, иначе следует вызвать сотрудников ГИБДД);

- данные по свидетелям аварии (если они есть);

- точные сведения поврежденных авто, автовладельцев, лиц, которые управляли ТС в момент аварии;

- информация о страховщике участника, номер действующего страхового полиса, срок его действия;

- список поврежденных деталей и узлов машины;

- схема ДТП (пункт 17).

Нет единых правил, по которым составляется схема. Но рисунок должен быть понятен, чтобы у страховщика не появилось дополнительных вопросов.

На бумагу нужно нанести положение участка дороги, где произошло ДТП, указать наименование соседних улиц, номеров домов, которые расположены поблизости, или торговых центров и иных ориентиров, светофоров, дорожных знаков, разметок и прочее.

На изображение участка схематично наносят положение ТС в момент аварии (обычно машины изображают в виде прямоугольников), обозначают их кодами «А», «В». Направление движения обозначают стрелками. Место

удара — X. Под графическим изображением дают расшифровку условных обозначений.

В пункте 14 бланка указывают характер и перечень видимого нанесенного ущерба. Сведения следует описывать кратко и точно. Нужно следить, чтобы другой участник не добавил в этот пункт повреждений, которые не относятся к данному ДТП.

Употребляются термины: царапина, вмятина (деформация), разрыв (трещина). Скрытые повреждения выявляются на экспертизе.

В пункте 16 водители отмечают обстоятельства ДТП.

В пункте 15 «Замечания» можно внести дополнительную информацию об аварии, которая не была указана в пункте с обстоятельствами ДТП.

После составления лицевой стороны ставятся подписи обеих сторон, страницы разделяют, чтобы самостоятельно оформить обратную сторону. На обратной стороне каждый из водителей может описать свое видение аварии, указать, кто управлял автомобилем в момент ДТП.

В «Примечаниях» можно указать сведения о наличии дополнительной информации об аварии, которая была получена после фото- и видеосъемки.

Если бланк будет испорчен, порван, сведения на нем трудно прочитать, документ оформляется на другом бланке. Все внесенные в бланк после подписания и разъединения корректировки и дополнения визируются подписями обоих участников. Если имеются противоречия в данных, которые изложили участники ДТП, значит, характер, перечень повреждений и обстоятельства аварии вызвали разногласия. Значит, нужно вызывать ГИБДД.

Водитель при самостоятельном оформлении ДТП обязан зафиксировать обстоятельства с помощью имеющихся у него средств фото- и видеосъемки. Но на данный момент не существует утвержденных нормативных документов и рекомендаций по поводу того, как производить фотофиксацию, с какого расстояния и под каким углом вести съемку, что использовать в качестве объектов привязки на местности. В связи с этим зачастую фотоматериалы, которые предоставляют водители, не могут служить материалами по делу о ДТП.

Если нельзя определить обстоятельства ДТП и виновника на основании изложенного, страховщик может отказать в денежной компенсации [4].

1.1.2 Порядок оформления ДТП с участием ГИБДД

Этап 1. Схема ДТП. Прибыв на место аварии, сотрудники правоохранительных органов составляют схему происшествия на дороге. Этот документ составляется так, чтобы он давал четкое представление для дальнейшего расследования инцидента. Участники ДТП имеют законное право наблюдать за составлением схемы аварии. Важно, чтобы факты, на которые указывают водители, не были голословными. Подписывается документ после согласования его со всеми участниками дорожного

происшествия. Если сотрудники ГИБДД, составлявшие схему, не захотят вносить в нее изменения, предложенные водителями, то при подписании документа этот факт следует отметить.

Этап 2. Перемещение ТС с места аварии. Иногда в результате аварии полностью перекрывается дорожное полотно, и движение транспорта по нему затруднено или полностью остановлено. Перемещать ТС с непосредственного места аварии до приезда сотрудников ГИБДД и составления схемы происшествия запрещено.

Этап 3. Объяснительные. Каждое противоправное действие требует объяснений. Точно также придется написать объяснение ситуации, возникшей на дороге и приведшей, впоследствии, к ДТП. Составляя объяснительную записку необходимо очень тщательно и внимательно подойти к излагаемому материалу. Все, что вы изложите в документе, будет использоваться для расследования аварии.

Этап 4. Осмотр ТС и полученных повреждений.

Этап 5. Оформление протокола об административном правонарушении. Обязательным документом при оформлении любого ДТП является протокол об административном правонарушении. Документы, которые оформлялись на первых этапах, являются дополнением к протоколу. Данный документ составляет сотрудник ГИБДД после того, как он сможет определиться с виновником происшествия. Виновник определяется на основании результатов ознакомления со всеми обстоятельствами происшествия. Обязательным руководством являются ПДД и КоАП РФ [5].

Этап 6. Постановление по делу об административном правонарушении. Когда все документы заполнены и подписаны, инспектор ГИБДД выписывает постановление. В этом документе говорится о мере пресечения виновнику аварии (на основании КоАП РФ). Иногда наказанием за нарушение ПДД может стать только штраф. В этом случае виновник получает квитанцию, которую заполняет и проводит оплату через банк. Другие решения о мере пресечения (лишение водительских прав, арест автомобиля, административный арест водителя) выносит районный или мировой суд [6].

Недостатком данной схемы оформления ДТП является относительно долгое ожидание сотрудников ГИБДД участниками аварии. Особенно это касается менее загруженных участков УДС, дворовых территорий, выезд на которые для сотрудников ГИБДД будет менее приоритетен, чем на участки УДС с высокой пропускной способностью. Участники дорожно-транспортного происшествия могут ожидать прибытие сотрудников ГИБДД 1 – 2 часа и более.

В зависимости от сложности происшествия и опытности следователя составление схемы занимает от 20 мин. до одного часа и более. Однако схемы, составленные от руки, несмотря на простоту этого метода фиксации, обладают рядом недостатков. При их составлении неизбежно влияет субъективизм следователя, погодные условия, время суток и др. факторы. Но

основной недостаток этого метода – невозможность провести дополнительные измерения без выезда на место происшествия, что в большинстве случаев бесполезно из-за отсутствия на нем транспортных средств. При составлении схемы от руки неизбежны неточности в измерениях, пропуск каких-то измерений из-за кажущейся на первый взгляд их незначительности.

Следует отметить, что из-за слабой технической вооруженности инспектора, невысокой классификации и по ряду других причин протоколы составляются зачастую некорректно, в них часто отсутствуют необходимые сведения. Субъективность при оформлении схемы дорожно-транспортного происшествия приводит к тому, что достоверной отраженной информации составляет примерно 20%. Это не только затрудняет исследование данной аварии и установление истины, но и способствует появлению злоупотреблений и махинаций.

1.2 Существующие формы и методы фиксации обстоятельств ДТП

С гносеологической точки зрения фиксация доказательств есть отражение их содержания. Результат отражения должен давать максимально полное представление об отражаемом объекте, адекватно передавать те его свойства и признаки, которые, собственно, и делают его доказательством. Полнота отражения зависит от условий и средств отражения.

С учетом того, что фиксация доказательств носит процессуальный характер, эту деятельность определяют как систему действий по запечатлению в установленных законом формах фактических данных, имеющих значение для правильного разрешения уголовного дела, а также условий, средств и способов их обнаружения и закрепления. Из этого определения следует, что:

1) фиксация доказательств – это физическая деятельность, система действий, а не чисто мыслительная процедура запоминания каких-то фактов, явлений, процессов;

2) объектом фиксации являются не всякие фактические данные, а лишь те, на основе которых в определенном законе порядке органы дознания, следователь и суд устанавливают наличие или отсутствие общественно опасного деяния, виновность лица, совершившего это деяние, и иные обстоятельства, имеющие значение для правильного разрешения дела;

3) эта деятельность направлена на запечатление объекта фиксации в определенных (процессуальных) формах. Следовательно, не всякая, пусть даже материальная, форма запечатления удовлетворяет требованиям фиксации доказательств, отвечает этому понятию, а только установленная уголовно-процессуальным законом;

4) в понятие фиксации доказательств входит не только запечатление самих фактических данных, но и действий по их обнаружению, ибо допустимость доказательств зависит от допустимости их источников, допустимости средств и способов обнаружения как тех, так и других. Для суждения же об их допустимости необходима соответствующая информация, запечатление которой и осуществляется при фиксации доказательств;

5) наконец, поскольку фиксация доказательств есть обличение фактических данных в соответствующую процессуальную форму, необходимо запечатлеть информацию о самом процессе фиксации, т.е. о его условиях, применявшихся средствах и способах фиксации. Без этого невозможно достаточно полно и объективно оценить результаты фиксации, т.е. решить вопрос о полноте и адекватности отражения [7].

Информационная сущность фиксации доказательств заключается в том, что:

- производится перекодировка доказательственной информации, содержащейся в ее материальном носителе, и перенос ее на средство фиксации;

- обеспечивается сохранение доказательственной информации для неоднократного использования ее в процессе доказывания;

- благодаря зафиксированной порции информации обеспечивается возможность ее накопления до пределов, выражающих полное установление предмета доказывания, т.е. до момента доказанности всех обстоятельств, входящих в предмет доказывания;

- получает свое материальное выражение отбор информации о событии: фиксируется не вся информация, поступающая к следователю, а лишь относящаяся к предмету доказывания (относимая информация), допускаемая законом (допустимая информация) и существенная с точки зрения предмета доказывания;

- запечатлевается не только сама доказательственная информация, но и информация о путях, способах ее получения как необходимое условие признания ее допустимости по делу.

В процессе расследования преступлений фиксации подлежит вся информация, полученная в ходе проведения комплекса следственных действий, и в каждом конкретном случае следователем используется та или иная форма фиксации: вербальная, графическая, предметная, наглядно-образная.

Выбор формы фиксации определяется особенностями тактики проведения следственного действия и его целей.

Под фиксацией результатов осмотра места происшествия понимают осуществляемые в процессуальном порядке действия лица, производящего осмотр, и приглашенного им специалиста, направленные на закрепление (запечатление) обстановки места происшествия и обнаруженных вещественных доказательств, с обязательным описанием средств, методов и объектов фиксации в протоколе осмотра места происшествия.

Исходя из этого определения, для фиксации места ДТП целесообразно использовать все возможные формы:

Вербальную (протоколирование) – описание общей обстановки, материальных объектов, участвовавших в ДТП, следов, результатов измерений, других фактических данных, имеющих отношение к событию. Кроме того, описываются технические средства, использовавшиеся в ходе осмотра, и указывается субъект, их применявший. К данной форме можно отнести заполнение европротокола. Заполнение европротокола – это процедура оформления документов о ДТП без сотрудников ГИБДД. Это бланк извещения о ДТП. На его основании можно получить компенсацию по страховому полису. Оформление по европротоколу – это возможность своими силами задокументировать случившееся и оперативно разъехаться, при этом не создавать заторов на дороге, минимизировать риск возникновения новых столкновений. Такая возможность доступна во всех регионах РФ. Европротокол при ДТП обязательно должен составляться на бланке под названием «Извещение о дорожно-транспортном происшествии».

Документ состоит из основного листа и вкладыша, на который копируются сведения, вносимые на первый лист. После оформления лицевой стороны основной бланк отделяют от дополнительного. Каждый из этих листов обладает равной юридической силой. Соблюдение правил оформления европротокола при аварии минимизирует риск возникновения разногласий со страховщиком при рассмотрении документов на денежную компенсацию.

Графическую форму фиксации – графическое отображение взаиморасположения предметов и следов. Для этого зарисовывают схему ДТП.

Схема ДТП – это основной документ, составляющийся на месте аварии. Если схема составлена с нарушением установленного порядка, то она является недействительной [8].

Схема ДТП должна отражать:

- расположение автомобилей перед столкновением, а так же направление их движения;
- наличие/отсутствие препятствий на проезжей части;
- наличие установленных на данном участке дороги знаков, светофоров (и их сигналов), разметки;
- наличие/отсутствие иных транспортных средств, которые могли стать помехой при совершении маневра;

– ширина дорожного полотна и количество полос в одном направлении, если транспортные средства двигались попутно и в разных направлениях, если автомашины двигались в разных направлениях;

– место первого удара;

– расположение автотранспорта после столкновения.

Схема необходима не только для разбора обстоятельств дорожной аварии, но и для получения страховой выплаты, получения доказательств для судебного разбирательства и установления виновности того или иного водителя.

Схема дорожного происшествия составляется до момента какого-либо передвижения автотранспортных средств по проезжей части.

Основными правилами, которые необходимо учитывать при составлении документа, являются:

– необходимость корректного отражения всех существенных факторов дорожного происшествия, способных помочь в определении виновности или степени виновности водителя;

– точное согласование мест расположения автотранспорта до и после столкновения;

– обязательное наличие ссылки на указание разметки, дорожных знаков, сигналов светофора;

– наличие подписей на документе. Если схема составляется сотрудниками автоинспекции, то документ подписывается ответственным лицом экипажа. При самостоятельном составлении документа должен быть подписан обоими водителями;

– отсутствие исправлений в документе. Если по каким-либо причинам обнаружена неточность в схеме, то рекомендуется переделать весь рисунок полностью на другом листе (если схема является частью европротокола, то к документу можно приложить дополнительный лист, указав наличие приложения). При необходимости внесения незначительных исправлений, каждое дополнение требуется заверить подписями обоих водителей [4].

Образец схемы ДТП, составленной вручную приведен на рисунке 1.2.

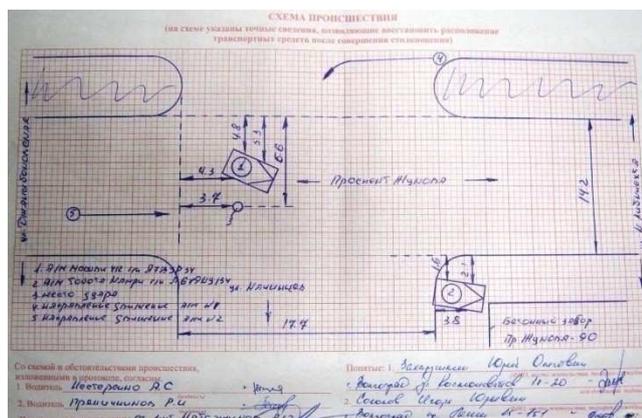


Рисунок 1.2 – Образец схемы ДТП, составленной вручную

Если по составленной схеме невозможно выяснить какие-либо существенные обстоятельства, то документ не будет учитываться при разборе дорожного происшествия.

Схему можно оформить:

- на отдельном листе формата А4 (для удобства прочтения документа), если ДТП фиксируется при содействии сотрудников ГИБДД;

- в специальном поле (пункт 17) европротокола.

Далее указываются:

- название близлежащих улиц и номера домов. Это необходимо для определения точного участка, на котором произошло столкновение автомобилей;

- существующая разметка, установленные светофоры и дорожные знаки (для определения причин происшествия);

- пешеходные зоны, трамвайные пути, остановки общественного транспорта, наличие/отсутствие ям на проезжей части, открытых колодцев и так далее. Чем полнее будет представлена общая картина места происшествия, тем более корректно можно провести расследование по выявлению причин дорожной аварии;

- расположение и направление движения автотранспортных средств до момента столкновения. Сами автомобили для упрощения документа можно обозначать прямоугольниками и буквами (А, Б, В и так далее по количеству автомашин – участниц столкновения);

- фиксируются положения иных автотранспортных средств на данном участке проезжей части, чтобы определить была ли возможность избежать столкновения;

- определяется место первого удара и положение автомашин после столкновения.

На этом же этапе можно зафиксировать размер тормозного пути и наличие/отсутствие отвалившихся частей машины.

После составления и согласования схема подписывается составителем документа и водителями. Если один из водителей не согласен с какими-либо отраженными обстоятельствами, то подписывать документ не рекомендуется [4].

Европротокол должен быть заполнен подробно и без ошибок (все правила относительно его заполнения, наведены на обратной стороне бланка), любой недочет и присутствие различий в описании произошедшего события, могут стать причиной отказа в выплате компенсации страховой компанией.

На данный момент для Российской Федерации не разработано активных приложений, которые бы помогли водителям в фиксации дорожно-транспортных происшествий с привязкой к местности, к координатам. Те приложения, которые на сегодняшний день разрабатываются, применимы только для транспортных средств, оснащенных системой ГЛОНАСС.

Низкое качество схем ДТП – одна из основных причин возврата дел на доследование [9].

Применение фотографии повышает качество фиксации мест ДТП, и она широко используется при их осмотре. Однако обычная фотография не дает представление об объеме, не позволяет проводить измерения по глубине. По фотоснимкам не удастся определить даже размеры запечатленных на снимке объектов.

В последнее время при осмотре ДТП все чаще применяется видеосъемка. Видеосъемка позволяет более полно фиксировать обстановку на месте происшествия и при ее использовании в дальнейшем при проведении следственного эксперимента можно получить более полное представление о механизме происшедшего события. Основным недостатком видеосъемки – это невозможность по видеозаписи производить какие-нибудь измерения, что нередко имеет исключительно важное значение.

Указанные недостатки привели к необходимости использования при осмотре ДТП измерительной фотографии. Такая фотография широко используется в картографии, геодезии, военном деле, архитектуре. При таком методе воспринимаются пространственные формы наблюдаемых объектов, что делает возможным на фотограмметрических приборах измерять размеры этих объектов, расстояния между ними. При необходимости, могут проводиться дополнительные измерения, а также глубокое их визуальное изучение [10].

1.3 Нормативные акты, регламентирующие порядок действий при ДТП и требования к оформлению документов

В данном пункте магистерской диссертации приведены нормативные документы, регламентирующие порядок действий при ДТП, а также их краткое содержание.

Рассмотрим Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 13.02.2018) "О Правилах дорожного движения".

В пункте 2.5 данных Правил описан порядок действия водителя, причастного к ДТП, касаемые управления транспортным средством непосредственно после аварии.

В пункте 2.6 данных Правил описываются действия, которые обязан совершить водитель транспортного средства причастный к дорожно-транспортному происшествию, если в результате ДТП погибли или ранены люди.

В пункте 2.6.1 данных Правил описываются действия, которые обязан совершить водитель транспортного средства причастный к дорожно-транспортному происшествию, если в результате дорожно-транспортного происшествия вред причинен только имуществу [4].

Приказ МВД России от 23.08.2017 N 664 (ред. от 21.12.2017) "Об утверждении Административного регламента исполнения Министерством

внутренних дел Российской Федерации государственной функции по осуществлению федерального государственного надзора за соблюдением участниками дорожного движения требований законодательства Российской Федерации в области безопасности дорожного движения".

В данном документе описаны следующие аспекты:

- обязанности и последовательность действий сотрудника ГИБДД по прибытии на место ДТП (статьи 269 – 272);
- порядок фиксации обстоятельств ДТП (статья 273);
- требования к оформлению протокола об административном правонарушении (статьи 276 – 279);
- требования к составлению схемы ДТП (статьи 280 – 283) [11].

Федеральный закон «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств» N 40-ФЗ от 25.04.2002 с последними изменениями от 25.09.2017 года.

В данном Федеральном законе описаны следующие аспекты:

- действия страхователей и потерпевших при наступлении страхового случая (статья 11);
- оформление документов о ДТП без участия уполномоченных на то сотрудников полиции (статья 11.1 пункты 1 – 4);
- требования к техническим средствам контроля, составу информации о дорожно-транспортном происшествии и порядок представления такой информации страховщику, обеспечивающий получение страховщиком некорректируемой информации о дорожно-транспортном происшествии, устанавливаются Правительством РФ (статья 11.1 пункт 7) [12].

1.4 Выводы по главе, цели и задачи исследования

ДТП могут оформляться как с привлечением сотрудников ГИБДД, так и без их участия. Оформление ДТП с обязательным участием сотрудников ГИБДД производится в следующих случаях:

- если повреждения получили три автомобиля и более (автомобиль с прицепом принимается за две транспортные единицы);
- ущерб превышает сумму в 100 тыс. рублей (400 тысяч рублей, если авария произошла на территории Москвы, Санкт-Петербурга, московской или ленинградской областей);
- имеются пострадавшие, в том числе, пешеходы;
- повреждено муниципальное имущество (ограждающие конструкции, фонарные столбы, рекламные щиты и т. д.);
- один из водителей демонстрирует признаки алкогольного либо наркотического опьянения, ведет себя агрессивно, угрожает физической расправой.

Выявлены недостатки традиционного метода фиксации ДТП с использованием схемы ДТП, составленной вручную:

- продолжительность от 20 минут до 1 часа и более влечет за собой создание заторов на улично-дорожной сети;
- негативное влияние субъективных качеств инспектора, погодных условий, времени суток;
- невозможность провести дополнительные измерения без выезда на место происшествия, что в большинстве случаев бесполезно из-за отсутствия на нем транспортных средств.

Перечисленные недостатки применяемых методов и средств фиксации, а также развитие научно-технического прогресса обуславливают необходимость использования информационных технологий и современных методов для совершенствования методики фиксации обстоятельств ДТП. Исходя из этого была обозначена цель работы – совершенствование системы фиксирования обстоятельств дорожно-транспортных происшествий для сокращения временных затрат, связанных с процедурой оформления ДТП и снижения напряженности на улично-дорожной сети.

Для достижения цели выдвинуты следующие задачи:

- провести обзор применяемого при фиксации обстоятельств ДТП оборудования, а также программного обеспечения для 3-D моделирования;
- изучить правовые особенности получения и использования результатов фотограмметрической съемки места происшествия при расследовании ДТП;
- построить математическую модель предлагаемого метода фиксации обстоятельств ДТП;
- дать практические рекомендации по повышению эффективности фиксации ДТП.

2 Оценка возможности применения фотограмметрических способов фиксации ДТП

Фотограмметрия – научно-техническая дисциплина, занимающаяся определением формы, размеров, положения и иных характеристик объектов по их фотоизображениям.

Необходимость внедрения в следственную практику фотограмметрических методов фиксации диктуется необходимостью повышения качества расследования дорожно-транспортных происшествий. Таких происшествий, по которым возбуждаются уголовные дела, десятки тысяч. При осмотре мест происшествий по ним наряду с протоколом осмотра составляются схемы и во многих случаях – изготавливаются фототаблицы. Они позволяют лучше разобраться в происшествии, более точно установить виновность или невиновность его участников [13].

2.1 Правовые особенности получения и использования результатов фотограмметрической съемки места происшествия при расследовании ДТП

Научно-технические возможности, которые открывают новый уровень исследования обстоятельств преступления, определяют требования к количеству и качеству доказательственной информации, ее достоверности, относимости и допустимости. Неукоснительное следование уголовно-процессуальному закону требует строгого соблюдения соответствия доказательств указанным признакам.

Любая фотографическая фиксация места происшествия связана с использованием технических средств — традиционной или цифровой фотоаппаратуры, применение которых регламентируется системой правовых норм. Правовая регламентация определяет общие основания использования криминалистической техники в борьбе с преступностью и порядок применения криминалистических средств и методов в процессе раскрытия и расследования преступлений [14].

Процессуальный порядок применения средств криминалистической техники определяется уголовно-процессуальным законодательством, в котором дается их перечень, наиболее часто используемый следствием – фото- и киносъемка, аудио- и видеозапись, средства изготовления слепков и оттисков следов и др. (ст. 58, 82, 164, 166, 170, 178, 179, 180, 189, 190, 204, 241, 259 УПК РФ).

Отсутствие в перечне тех или иных технических средств создает определенные трудности в их использовании. Однако, большинство ученых считают, что выход из сложившейся ситуации не в расширении этого перечня, отдельными техническими новинками, а «в разработке закономерностей общего характера, открывающих простор для внедрения

техники в уголовное судопроизводство в безусловных рамках законности и процессуальных гарантий» [15].

Основные требования, предъявляемые к научно-техническим методам и средствам, определяются Конституцией Российской Федерации, в частности, нормами, регламентирующими права и обязанности граждан, обеспечение гарантий соблюдения их свобод и законных интересов. К этим нормам относят гарантии:

- безопасности для окружающей среды, здоровья и жизни людей, в отношении которых их применяют;

- научной обоснованности, гарантирующей получение достоверных и надежных результатов, не исключающих возможности их проверки путем повторения исследований;

- этичности, исключающей создание условий, способствующих оскорблению лица, унижению его чести и человеческого достоинства;

- защищенности получаемой информации от искажения (фальсификации);

- надежности хранения;

- возможности тиражирования [16].

Таким образом, для того, чтобы результаты фотосъемки на месте ДТП приобрели свое правовое значение, сама технология съемки и ее результаты должны отвечать определенным требованиям.

В соответствии с современным уголовно-процессуальным законодательством фотоматериалы могут вступать в качестве доказательств по уголовному делу, являясь: вещественными доказательствами, приложениями протоколов следственных и судебных действий, а также иных документов.

Статьей 81 УПК РФ вещественными доказательствами признаются любые предметы и документы, которые могут служить средствами для обнаружения преступления и установления обстоятельств уголовного дела.

Протоколы следственных и судебных действий сами по себе являются доказательствами (статья 74 УПК РФ), а в качестве приложений содержат, в том числе, фототаблицы и носители компьютерной информации (статья 166 УПК РФ). То есть, фотографические снимки как приложения к доказательствам не могут быть самостоятельными доказательствами, но являются составной частью протоколов и используются при доказывании как приложения к ним.

К иным документам законодатель отнес документы, которые могут

содержать сведения, зафиксированные как в письменном, так и ином виде. К ним могут относиться материалы фото- и киносъемки, аудио- и видеозаписи и иные носители информации, полученные в порядке, установленном статьей 86 кодекса, т.е. путем производства следственных и иных процессуальных действий.

Анализ перечисленных статей УПК РФ (статьи 73, 74, 81, 83, 84, 86, 166) применительно к фотоматериалам, в том числе на компьютерных носителях информации, позволяет, таким образом, к вещественным доказательствам (или их частям) отнести:

1) Фототаблицы – приложения, содержащие информацию о ходе и результатах следственных действий. Такие документы не могут быть самостоятельными доказательствами, а являются лишь составной частью протоколов и используются при доказывании как приложения к ним;

2) Фотоматериалы, представленные подозреваемым, обвиняемым, потерпевшим, защитником и др. участниками уголовного судопроизводства;

3) Иные фотоматериалы, приобщенные дознавателем, следователем, прокурором или судом к материалам уголовного дела [15].

Фотоматериалы, отнесенные ко второй и третьей группам, являются самостоятельными доказательствами.

Приведенное деление фотодокументов дает возможность определить, к какой группе средств доказывания следует их отнести по соответствующим основаниям, так как процессуальный порядок их использования обусловлен групповой принадлежностью этих средств доказывания. В соответствии с таким делением процессуальное оформление фотоматериалов в качестве вещественных доказательств, или их органических частей, имеет свои особенности.

Любое следственное действие, согласно статьи 166 УПК РФ, может сопровождаться фиксацией его хода и результатов с помощью фотографирования: «При производстве следственного действия могут применяться стенографирование, фотографирование, киносъемка, аудио- и видеозапись».

Порядок включения фотографических материалов, изготовленных по заданию следователя, а именно при производстве следственных действий, наиболее разработан как в общетеоретическом, так и в практическом плане. Однако, процессуальные вопросы, связанные с использованием фотоматериалов по делам о ДТП, имеют ряд особенностей, обусловленных тем фактом, что в большинстве случаев осмотр места происшествия проводится не в рамках следственного действия и не следователем или дознавателем, а инспектором ГИБДД. Это связано с неочевидностью на

первоначальном этапе отнесения события к происшествию или преступлению.

В тех случаях, когда в процессе осмотра места ДТП сотрудником ГИБДД производится фотосъемка, процессуально она отличается от фотоматериалов, (фототаблиц-приложений к протоколу осмотра), выполненных при производстве следственного действия в соответствии с УПК РФ. Указанные особенности определяют своеобразие процессуальных документов, в том числе и фотоматериалов, присутствующих в материалах уголовных дел о ДТП, в частности, порядок их приобщения. (Вполне естественно, что если осмотр места ДТП проводится в рамках следственного действия, то рассматриваемых особенностей порядка приобщения фотоматериалов к уголовному делу нет).

Указанные нормы процессуального закона и особенности проведения осмотра места ДТП во многих случаях не в рамках возбужденного уголовного дела и лицом, не наделенным процессуальными правами, определяют и особый порядок приобщения полученных фотоиллюстраций к материалам уголовных дел. Для определения этого порядка, по нашему мнению, целесообразно провести аналогию с технологией признания вещественными доказательствами фотоматериалов, полученных в рамках осуществления оперативно-розыскной деятельности, и для правового регулирования использования фотоматериалов, полученных при осмотре места ДТП в рамках административного правонарушения, можно воспользоваться существующими правовыми нормами, опирающимися на УПК РФ и Закон об оперативно-розыскной деятельности [15,17].

Фотоматериалы, полученные в процессе проведения оперативно-розыскных мероприятий и вовлекаемые в процесс раскрытия и расследования преступлений образуют вторую группу документов. В соответствии со статьей 11 Закона «Об оперативно-розыскной деятельности» использование результатов ОРД возможно для подготовки и осуществления следственных действий; проведения оперативно-розыскных мероприятий по выявлению, предупреждению и раскрытию преступлений; выявлению и установлению лиц, их подготавливающих, совершающих или совершивших; они могут также служить поводом и основанием для возбуждения уголовного дела; использоваться в доказывании по уголовному делу в соответствии с положениями уголовно-процессуального законодательства РФ, регламентирующих собирание, проверку и оценку доказательств.

В соответствии с действующим законодательством вещественными доказательствами выступают не только предметы, которые служили орудием совершения преступления или сохранили на себе следы преступления, но и все другие предметы и документы, которые могут служить средствами для раскрытия преступления и изобличения виновного либо для опровержения обвинения или смягчения ответственности. Соответственно, и

фотоматериалы могут выступать в качестве вещественных доказательств.

Для признания материалов оперативно-розыскной деятельности, полученных с применением технических средств (в частности, фотоаппаратуры и дополнительных приспособлений, использующихся для фотограмметрической съемки), вещественными доказательствами или документами необходимо, чтобы они отвечали общим требованиям допустимости и относимости, для чего должно быть установлено, где, кто, когда и при каких обстоятельствах изготовил или обнаружил эти материалы. То есть, при наличии объективных оснований к возможному дальнейшему использованию оперативной фотосъемки в процессе доказывания, в целях устранения процессуальных неувязок, рекомендуется составлять протокол о применении фотоаппаратуры, в котором указывать:

- сведения о лицах, принимавших участие в мероприятии;
- место, где проводилось мероприятие;
- краткое описание объектов и условий съемки.

Кроме того, в протоколе необходимо указать технические характеристики используемой аппаратуры, события, лица, вещи, иные зафиксированные объекты с указанием времени и условий съемки, способа упаковки фотоматериалов или иных носителей видеоинформации [17].

Здесь следует отметить, что статья 166 УПК РФ определяет лишь основные сведения, которые необходимо указывать в протоколе следственного действия (перечень этих сведений можно отнести и к протоколу оперативного мероприятия):

- информация о фото- и видеоаппаратуре и принадлежностях к ним, использовавшимся при съемке;
- характеристики фото- и видеопленки;
- данные об условиях съемки;
- прочие сведения [15].

Нарушения правил составления протокола могут вызвать сомнения в достоверности зафиксированных данных и привести к невозможности их использования в качестве доказательств или исходных данных для проведения соответствующих экспертиз.

Однако, в криминалистической литературе нет единого мнения о перечне условий применения фотосъемки, которые необходимо заносить в протоколы следственных действий. По мнению одних ученых, в протоколы рекомендуется помещать сведения о расстоянии до фотографируемого объекта, масштабе изображения, диафрагме и выдержке, главном фокусном расстоянии объектива, интенсивности освещения, применении специальной подсветки, марке аппарата и объектива, количестве и марке удлинительных колец и насадочных линзах, если они применялись и др. В общей сложности

насчитывается более 20 характеристик, относящихся к фотосъемке, которые предлагается отражать в протоколе следственного действия.

Учитывая, что сегодня идет интенсивный переход фотофиксации следственных действий и оперативно-розыскных мероприятий на цифровые технологии, по нашему мнению, в протоколе достаточно указать марку использовавшегося фотоаппарата и условия съемки (в том числе, и специальные приемы и приспособления).

Таким образом, условиями допустимости документа как доказательства, а фотоматериалы, содержащие все необходимые для их признания документами реквизиты, являются именно документами, служат:

- наличие данных о том, от кого документ исходит и каким образом он приобщен к материалам уголовного дела;

- указание на источники и обстоятельства получения зафиксированных данных;

- наличие в документах обязательных реквизитов и подписей уполномоченных лиц.

Несмотря на то, что фотографирование на месте ДТП (по делам не связанным с преступлением) проводится не в ходе следственного действия, то есть не в рамках УПК РФ, для последующего более обоснованного использования фотоиллюстраций как вещественных доказательств, целесообразно, по нашему мнению, при производстве фотосъемки опираться на некоторые положения процессуального закона. Речь в данном случае идет об обязательном требовании закона, определяющем необходимость предварительного уведомления всех участников следственного действия о применении технических средств. Это позволяет понятным и другим участникам осмысленно воспринимать процесс фиксации, а при необходимости (например, в суде) изложить по существу то, что они видели. Исходя из этого положения, следует разъяснять участникам осмотра какие технические средства и приемы и в каких целях применяются, а по возможности продемонстрировать полученные результаты. Целью такого нормативного закрепления порядка применения технических средств является установление процессуальных гарантий получения достоверных сведений об обстоятельствах, имеющих значение для правильного разрешения уголовного дела, а также для обеспечения объективной возможности проверки и оценки полученных результатов [15].

Особое значение это требование приобретает при фотограмметрической съемке места ДТП с использованием специальных приемов и дополнительных средств. Отличие этих фотоснимков от традиционных фотографий заключается в том, что помимо элементов обстановки места ДТП (следов, взаиморасположения автотранспорта и элементов дорожной обстановки) имеются изображения привнесенных объектов. Именно эти изменения должны быть отражены в протоколе, а участникам осмотра объяснена цель, с которой они проводились.

Указанные данные помогут в дальнейшем устранить возможные

процессуальные трудности для использования полученных фотоснимков при производстве ситуалогической автотехнической экспертизы.

Изображение измененной вещной обстановки места ДТП на фотограмметрических снимках необходимо для проведения экспертного исследования, для обычных же целей – уяснение обстановки следствием и судом, необходимы фотоснимки с изображением первоначальной обстановки. Иллюстрации, полученные в ходе проведения осмотра места происшествия, должны объективно передавать обстановку, ее элементы, предметы — вещественные доказательства, следы, их свойства (пространственные, яркостные, цветовые). Таким образом, в ходе осмотра, если имеется необходимость масштабной съемки, обязательным требованием, по нашему мнению, является и производство традиционного фотографирования (фиксации места происшествия) по правилам криминалистической фотографии (ориентирующая, обзорная, узловая и детальная).

Сегодня, вопросы правового использования фотоиллюстраций — приложений к протоколам следственных действий, изготовленных с использованием цифровой аппаратуры, их достоверности и объективности уже вышли за рамки обсуждаемых как в научном, так и в практическом аспектах. Однако, фотоматериалы, приобщаемые к материалам уголовных дел в качестве документов, в том числе и фотограмметрическая информация на компьютерных носителях (равно как и распечатанные фотографии), могут вызвать серьезные затруднения в их использовании как на предварительном следствии, так и при судебном разбирательстве.

Эти трудности могут быть связаны с возможностью внесения изменений в компьютерное изображение, в том числе, и с целью их фальсификации. Для недопущения такой возможности и, соответственно, придания информации абсолютной достоверности, как основного требования, предъявляемого к доказательствам, компьютерные носители должны отвечать определенным требованиям.

Помимо описания в протоколе перечисленных ранее данных о факте применения фотосъемки, аппаратуре, лицах, ее производящих и др., материальный носитель базовой информации (дискета 3,5, СБ-диск или др.) должен быть соответствующим образом защищен от постороннего несанкционированного доступа, а информация закреплена в процессуальном порядке. Для этого, полученные на магнитных носителях изображения после съемки должны быть просмотрены участниками следственного действия или осмотра места ДТП, о чем в протоколе делается соответствующая запись.

В присутствии же участников ДТП или понятых информация с флэш-карты цифрового фотоаппарата переноситься на диск, который упаковывается, печатывается и в определенном порядке сразу или позднее

приобщается к материалам уголовного дела в качестве вещественного доказательства. Для устранения возможности корректировки изображений целесообразно использовать неперезаписывающиеся компакт-диски [18].

2.2 Обзор методов и оборудования для фиксации обстоятельств ДТП

Для фиксации места дорожно-транспортного происшествия целесообразно использовать все возможные формы:

- вербальную (протоколирование) – описание общей обстановки, материальных объектов, участвовавших в ДТП, следов, результатов измерений, других фактических данных, имеющих отношение к событию, Кроме того, описываются технические средства, использовавшиеся в ходе осмотра, и указывается субъект, их применявший;

- графическую форму фиксации – графическое отображение взаиморасположения предметов и следов;

- предметную форму фиксации – изъятие предметов в натуре и их консервацию, изготовление материальных моделей (реконструкция), в том числе макетирование, копирование, получение слепков и оттисков;

- наглядно-образную фиксацию – фотографирование обстановки места происшествия, материальных объектов и их взаиморасположения.

Из всех перечисленных методов фиксации протоколирование является обязательным элементом процесса расследования. Остальные же — факультативные методы и целесообразность их использования определяется следователем исходя из конкретной ситуации [19].

В системе методов и средств фиксации обстановки на месте происшествия, регламентированных уголовно-процессуальным законодательством России, фотографическая съемка занимает одно из ведущих мест, что связано с ее высокой эффективностью как средства запечатления общей картины обстановки, а также наличия, состояния и положения отдельных объектов и их признаков.

Наглядно воспроизводя те же элементы обстановки, которые описываются в протоколе, фотографические снимки способствуют правильному и точному усвоению содержания протокола, а также позволяют проверить объективность и полноту записей в нем путем сопоставления описания и изображения.

Преимущества фотографического метода определяются тем, что он

дает стойкие в течение длительного времени изображения, которые можно тиражировать и изменять (увеличивать или уменьшать). Он одновременно и с большей точностью позволяет фиксировать огромное число предметов, выделять среди большого объема информации необходимую для расследования, фиксировать чрезвычайно кратковременные явления, а длительные процессы расчленять на отдельные фазы [20].

Получаемые на предварительном следствии фотоснимки после их соответствующего процессуального оформления приобретают значение:

- 1) документов (иных документов – статья 85 УПК РФ);
- 2) вещественных доказательств;
- 3) образцов для сравнительного исследования.

Один и тот же фотоснимок, в зависимости от решаемых следствием задач, может быть отнесен к той или иной группе. Так, фотоснимок места происшествия по своей процессуальной природе является «фотодокументом», относящимся к определенной части события преступления. Выступая составной частью протокола следственного действия, он дополняет его, делает более емким, содержательным и наглядным. Изучая фотоснимок, суд, следователь, лицо, производящее дознание, выявляет ряд не отмеченных в протоколе особенностей обстановки места происшествия, что позволяет более точно воссоздать картину преступления, получить и оперативно использовать необходимую для следствия информацию [15].

Сегодня цифровая фотография активно используется как технико-криминалистическое сопровождение при производстве следственных действий, позволяя уже в ходе их проведения оперативно изготавливать изображения фиксируемых процессов, обстановки, предметов-вещественных доказательств, следов и оформлять их вместе с протоколом. Широки ее возможности и при проведении экспертных исследований.

Для успешного решения вопроса о механизме дорожно-транспортного происшествия в ходе проведения автотехнической экспертизы, как уже отмечалось, особую роль играет полнота сведений, предоставляемых эксперту. Полноту и объективность исходных данных наиболее рационально получать из фотографических снимков места происшествия [21].

При необходимости измерений на месте ДТП используют рулетку, при измерениях, связанных со значительными удалениями, могут применяться дальномеры. Существует два вида дальномеров — оптические и физические. Принцип работы оптического дальномера основан на решении прямоугольного и равнобедренного треугольника по двум элементам — острому углу и противолежащей ему стороне. Противолежащая сторона

(базис) имеет постоянное значение, т.е. две оптические оси, вынесенные на определенное расстояние – 0,3 – 1,0 метра.

При измерении через монокуляр дальномера наблюдается выбранный объект. Этот объект наблюдается в круге, разделенном по вертикали на две части. Первоначально объект наблюдается разделенным по вертикали «раздваивается». Путем вращения рейки наблюдатель добивается совмещения двух половинок объекта, после чего считывает по шкале показания дальномера. Дальномер саперный перескопический марки ДСП - 30 позволяет производить измерение дальности до 2000 метров с точностью 0,5 % от дальности.

Физические дальномеры представляют собой оптико-электронные приборы. Принцип их работы основан на измерении интервалов времени, за которое импульс света проходит до объекта и обратно (квантовый дальномер), или разности фаз излученного и отраженного от объекта света (фазовый дальномер). Передатчик дальномера излучает мощный монохроматический импульс к объекту, расстояние до которого надо измерить. Часть излучаемой энергии отводится к приемнику и запускает схему измерения времени - измеритель временных интервалов. Импульс, пришедший в приемник после отражения от объекта, останавливает измеритель временных интервалов и на табло счетчика высвечивается измеренное расстояние в метрах. Точность измерения составляет 0,01 % от дальности [22].

Одним из методов измерений на месте происшествия выступает **измерительная фотосъемка**. Фотоснимки, выполненные измерительным методом, несут повышенную информацию: они позволяют получить количественные данные о свойствах и признаках заснятых объектов. Анализируя снимки, можно составить масштабный план места происшествия, определить расстояния между объектами, вычислить размеры любого зафиксированного на снимке предмета. Практически измерительным методом можно выполнить любой вид съемки, однако чаще всего его применяют при обзорной, узловой и детальной съемках на открытой местности и в помещениях. Измерительные снимки, приложенные к протоколу следственного действия, являются надежным источником доказательственной информации, особенно при расследовании дорожно-транспортных происшествий, убийств, краж государственного и общественного имущества, совершенных с применением технических средств.

Применительно к современным фототехническим средствам, используемым при расследовании преступлений, отечественными криминалистами разработан и используется в следственной практике ряд новых методик измерительной съемки:

- а) плановая съемка с линейным масштабом;
- б) перспективная съемка с глубинным масштабом;

- в) перспективная съемка с квадратным масштабом;
- г) перспективно-метрическая съемка специальными аппаратами.

Плановая съемка с линейным масштабом (масштабная съемка) заключается в фотографировании объекта вместе с помещенным рядом с ним линейным масштабом при строго вертикальном расположении аппарата к плоскости снимаемого предмета. Съемка называется плановой, поскольку предметы, находящиеся перед объективом фотоаппарата, получают изображение на снимке в плане, без перспективного искажения. Так как предмет и масштаб имеют одинаковую степень уменьшения (либо увеличения) в любой точке снимка, то восстановить размеры предмета не представляет труда. Для этого необходимо циркулем перенести изображение линейного масштаба на измеряемый предмет и подсчитать полученное значение. Плановую съемку с линейным масштабом можно выполнить любым фотоаппаратом.

Перспективная съемка с глубинным масштабом применяется в случаях, когда необходимо запечатлеть на измерительном снимке значительный по размеру участок открытой местности либо закрытого помещения. Чтобы на обзорном снимке получить методом плановой съемки изображение объекта размером 12x16 м, например картины места дорожно-транспортного происшествия на трассе шириной 12 м, необходимо было бы фотоаппарат «Зенит» поднять на высоту около 10 м. Осуществить это в условиях осмотра места происшествия практически невозможно, да и не целесообразно. В таких случаях для получения измерительных снимков используют перспективную съемку с глубинным масштабом. Сущность этого приема состоит в том, что объект фотографируется с масштабной линейкой, расположенной от фотоаппарата при горизонтальном его положении в сторону заднего плана объекта.

В качестве технических средств применяются: фотоаппарат, штатив-тренога, струбцина и глубинный масштаб. Последний представляет собой измерительную ленту длиной 6 — 10 м с делениями в 10 либо 20 см. Для удобства выполнения расчетов по фотоснимкам желательно, чтобы лента имела ширину 10, 15, 20 см и деления, равные главному фокусному расстоянию объектива используемого аппарата. Каждый метр на ленте обозначается крупными цифрами, а промежуточные деления красятся через одно черной краской. Обычно перспективную съемку осуществляют при двух положениях фотоаппарата: горизонтальном и наклонном. Определение размеров на фотоснимках, изготовленных с глубинным масштабом, производится следующим образом. Для объектов, расположенных вертикально, т. е. перпендикулярно оптической оси аппарата, действует правило плановой съемки: в любой вертикальной плоскости масштаб изображения практически одинаков. Поэтому для восстановления истинных размеров предмета необходимо величину его изображения на снимке разделить на масштаб изображения и кратность увеличения фотоснимка.

Перспективная съемка с квадратным масштабом является разновидностью фотосъемки с глубинной масштабной линейкой (лентой) и отличается от нее тем, что вместо линейки в кадр помещают квадратный масштаб, представляющий лист картона или бумаги со стороной, кратной фокусному расстоянию объектива — 25, 50, 100 см. Перед съемкой фотоаппарат устанавливают в горизонтальном положении на необходимой высоте, а затем с помощью видоискателя располагают квадратный масштаб так, чтобы он находился в поле зрения, у нижнего края по центру кадра. Для дешифрования снимка, изготовленного таким образом, необходимо нанести на него перспективную координатную сетку, используя для этого изображение масштаба квадрата.

Перспективная метрическая съемка специальными фотоаппаратами позволяет получить снимки, по которым можно достаточно точно восстановить истинные размеры заснятых предметов. Для этих целей разработаны стереоскопический и перспективно-метрический способы съемки. Съемка стереоскопическим методом ведется стерео-фотоаппаратом, имеющим два объектива, расположенных друг от друга на расстоянии значительно большем, чем базис глаз человека. Это дает возможность увеличивать дальность фотосъемки и точность измеряемых величин. Получаемые стереопары позволяют с помощью стереокомпаратора вычерчивать масштабный план места происшествия [13].

Для фиксации материальных следов в их взаимном расположении составляются планы и схемы, иллюстрирующих обстановку на момент завершения события. Составление масштабного плана обстановки места происшествия, выполняется с целью:

- точного определения размеров, формы и положения каждого, имеющего значение в расследовании ДТП, объекта, предмета и следа в пространстве дороги или ее окружении;
- установления расстояний между объектами, составляющими обстановку места происшествия (пространственные связи).

Однако, приведенные выше способы измерений обладают одним общим недостатком – значительным временем для производства измерений, их обработку, а отдельных случаях и дешифровку. В современных условиях, связанных со значительным увеличением транспортного потока на дорогах, данное обстоятельство выходит из разряда второстепенных. Сегодня обосновываются предложения, чтобы осмотр ДТП, связанный с блокированием проезжей части трассы не превышал 10 – 20 минут.

В век информационных технологий перспективно использование цифровой техники для упрощения процедуры фиксации следов на месте дорожно-транспортных происшествий.

Для решения подобной задачи могут найти применение фотограмметрические методы, о которых речь пойдет в следующем параграфе диссертационной работы.

2.2.1 Применение фотографических методов фиксирования обстоятельств ДТП

В статье Т.В. Демидовой, М.И. Беляева «Применение фотофиксации следов при осмотре места дорожно-транспортного происшествия» авторы уделили внимание вопросам фиксации следов на месте дорожно-транспортных происшествий. Рассмотрели наиболее распространенные следы, которые необходимо зафиксировать на месте ДТП с помощью фотосъемки, что впоследствии поможет установить важные обстоятельства происшедшего события. Предложены оптимальные способы и средства фотофиксации, а также проанализированы типичные ошибки, допускаемые при фотофиксации обстановки ДТП.

В качестве специального оборудования для фото- и видеофиксации обстоятельств ДТП применяются стедикамы модели FlycamC5. Изображение FlycamC5 представлено на рисунке 2.1 [8].



Рисунок 2.1 – Стедикам FlycamC5

Преимущества:

- FlycamC5 позволяет полно и качественно зафиксировать обстоятельства ДТП: расположение ТС, следы качения, торможения на проезжей части, повреждения ТС;
- сокращение времени, необходимого для ознакомления с условиями места происшествия;
- простота конструкция;
- небольшой вес (от 2 до 7 кг);
- относительно невысокая стоимость (от 15000 до 60000 руб.)

Недостатки:

- наличие у специалиста, проводящего съемку определенных квалификационных навыков. Он должен быть ознакомлен с правилами судебной криминалистической фотографии, знать принципы глубинной и узловой съемок;

- отсутствие на фотоизображениях мерного объекта усложняет привязку следов при составлении схемы места происшествия. В ряде случаев данное обстоятельство при производстве экспертного исследования может привести к необходимости дополнительного осмотра места ДТП. При фотосъемке необходимо применять способ глубинного масштаба, т.е. использовать (помещать в кадр) мерный объект или любой иной предмет заведомо известных размеров. В рассматриваемой ситуации наиболее оптимальным является установка на дорожном полотне сигнальных конусов с расстоянием между ними 50 – 100 см;

- затруднена фиксация обстоятельств ДТП на участках дорог без искусственного освещения в темное время суток, приходится использовать свет фар других ТС;

- возможность фальсификации данных [23].

2.2.2 Применение фотограмметрических методов фиксирования обстоятельств ДТП и построения схемы

Для фиксации обстановки на месте происшествия с помощью цифровой измерительной фотосъемки в настоящее время применяется универсальный фотограмметрический комплекс «Ракурс» (далее – комплекс). Комплекс имеет сертификат об утверждении типа средств измерений Госстандарта России, зарегистрированный в Государственном реестре средств измерений.

В комплекс входят три функциональных блока: съемочный, измерительный и построения схемы.

Съемочный блок состоит из калиброванной цифровой фотокамеры (далее — камеры), мерного объекта и марок. Предназначен для получения фотоснимков (стереопар), пригодных для использования в измерительном блоке.

Съемка места происшествия производится не менее чем с четырех точек. Таким образом создается искусственный стереоэффект, позволяющий использовать стереопару для измерений координат ситуационных точек, видимых на обоих снимках, а также расстояний между ними.

Марки выполнены в виде конусов или уголков и служат для обозначения наиболее важных, но плохо различимых ситуационных точек (СТ), например, начала тормозного следа, края дороги и т. п.

Измерительный блок включает в себя персональный компьютер и специальное программное обеспечение, работающее в операционной среде Windows. Измерения осуществляются по снимкам, выведенным на экран монитора компьютера. Предназначен для определения координат СТ по

стереопарам, полученным с помощью съемочного блока. Погрешность определения координат и расстояний между СТ указана в паспорте на комплекс.

Блок построения схемы представляет собой объектно-ориентированный графический редактор, установленный на персональный компьютер и работающий в операционной среде Windows. Предназначен для построения схемы по данным, полученным с помощью съемочного и измерительного блоков.

Алгоритм съемки включает последовательное выполнение следующих действий:

- выбор точки, с которой видны автомобили участников ДТП и объект привязки;
- проведение съемки со стереобазой в направлении каждого участника ДТП;
- проведение съемки в направлении объекта привязки;
- построение схемы.

Отметим, что использование фотограмметрической съемки позволяет обеспечить:

- полноту и объективность, основанную на методе фиксации;
- скорость – фиксация окончена сразу же после фотографирования, а не после составления схемы;
- минимизация времени пребывания инспекторов на проезжей части.

Кроме этого, неоспоримым преимуществом данного комплекса выступает возможность максимально точной фиксации всех повреждений на ТС, образовавшихся в результате ДТП.

На рисунках 2.2 и 2.3 представлены фото места ДТП и схема места ДТП соответственно, полученные помощью аппаратно-програмного комплекса «Ракурс».



Рисунок 2.2 – Снимок места дорожно-транспортного происшествия, полученный с помощью аппаратно-програмного комплекса «Ракурс».

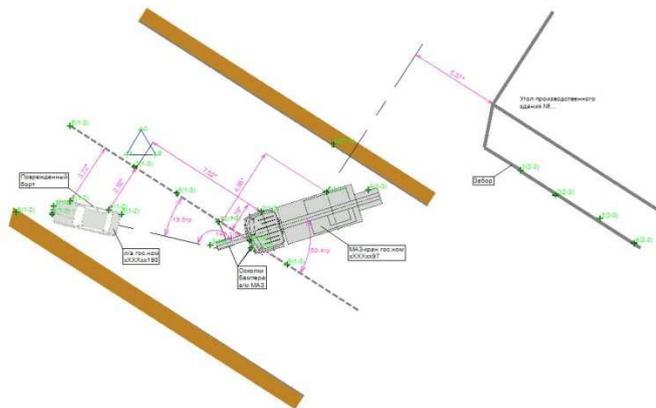


Рисунок 2.3 – Схема ДТП, составленная с помощью аппаратно-программного комплекса «Ракурс»

Недостатки:

- относительно высокая стоимость комплекта оборудования от 80000 руб.;

- необходимость в относительно большом количестве снимков, так как нет возможности осуществлять съемку с высоты более 2 м;

- наличие у специалиста, проводящего съемку определенных квалификационных навыков. Он должен быть ознакомлен с правилами судебной криминалистической фотографии, знать принципы глубинной и узловой съемок;

- возможность фальсификации полученных данных [24].

2.2.3 Применение методов 3-D сканирования для фиксации обстоятельств ДТП и построения схемы

Одним из перспективных направлений применения современных технических средств фиксации при осмотре места ДТП являются технологии лазерного 3-D сканирования.

В качестве примера одного из имеющихся на рынке комплектов 3-D сканирования является комплекс Faro Focus 3D. Данный комплекс посредством осуществления трехмерного лазерного сканирования позволяет фиксировать такие последствия ДТП, как:

- взаимное расположение автомобилей и пострадавших с привязкой к местности;

- следы торможения;

- осыпи грязи и битого стекла;

- повреждения автомобилей;

- определять любые расстояния между объектами с точностью до двух мм.;

- оценивать степень повреждения объектов.

Изображение 3-D сканера от производителя Faro приведено на рисунке

2.4.



Рисунок 2.4 – Изображение лазерного сканера Faro Focus 3D

Полицейские из американского города Розуэлла, штат Нью-Мексико, впервые в истории криминалистики 27 января 2014 года начали использовать 3D-сканер для сохранения объёмной модели места преступления. В качестве инструмента было выбрано устройство Faro Focus 3D стоимостью 86 тысяч долларов (2877560 руб.), производители которого называют его при весе в пять килограммов и размерах с небольшую кинокамеру самым компактным лазерным 3D-сканером в мире.

За несколько минут этот прибор создаёт трёхмерную цифровую модель окружающего пространства и предметов в диапазоне до 150 метров с точностью до двух миллиметров, включающую в себя геопространственные данные. Также Faro Focus оснащается 75-мегапиксельной фотокамерой, сенсорным экраном и Wi-Fi-модулем.

Использование лазерного 3-D сканера позволяет достоверно без ошибок создать схему ДТП, при необходимости создать трехмерную модель места событий, многократно использовать данные, которые полностью соответствуют реальным данным на момент фиксации [9].

Преимущества лазерного 3D сканера Faro Focus 3D:

- автоматизация процесса измерений и обработки данных, съемка труднодоступных и сложных объектов;
- возможность многократно использовать данные. Дальнейшей обработкой и созданием трехмерной модели без повторной съемки;
- сокращение временных и финансовых затрат. Время проведения полевых исследований сокращается до 90%. Быстрое получение и обновление информации;
- в сравнении с двухмерными измерениями - наибольшая точность и информативность;
- минимизация «человеческого фактора» без остановки производственных работ;
- совместимость полученных данных с AutoCAD, AVEVA PDMS, Microstation;

– сохранение созданной модели в стандартных форматах dxf, dwg, txt и собственном формате.

Фальсификация данных при составлении схемы полностью исключена, так как схема и «облако точек» сохраняются единым файлом, который нельзя изменить.

Изображение обработанных данных, полученных с помощью 3-D сканера приведены на рисунке 2.5. На верхнем окне изображено облако точек, преобразованное в 2D-mode. На нижнем окне изображена построенная схема ДТП.

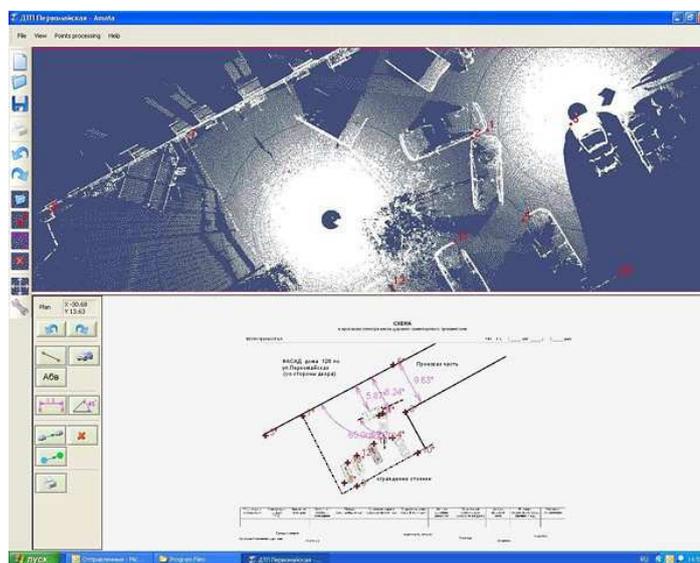


Рисунок 2.5 – изображение места ДТП и схема ДТП полученные с помощью 3-D сканера

Последовательность действий при использовании средств 3-D фиксации места ДТП:

- выгрузка частей изделия, их сборка, включение устройства;
- установка сфер-маркеров;
- выход оборудования на рабочий режим (поиск нулевой точки, активизация лазера);
- начало, проведение и завершение сканирования;
- перенос оборудования на следующую точку сканирования без демонтажа оборудования;
- передача полученных цифровых сканов из памяти лазерного сканера в портативный компьютер, отключение аппаратуры, демонтаж изделия, помещение составных частей сфер-маркеров в транспортный контейнер.

Бюджет рабочего времени, необходимый для осуществления полного процесса сканирования ДТП, в среднем составляет 15 минут.

Временные параметры обработки результатов сканирования на ПК с выводом формализованного бланка схемы ДТП посредством принтера существенно варьируются и зависят прежде всего от наличия у оператора

опыта подготовки схем ДТП с использованием компьютерной программы. Для выполнения этой задачи требуется 10 – 15 минут [25].

Можно выделить один существенный недостаток данного метода фиксирования обстоятельств ДТП и составления схем – высокая стоимость комплекта оборудования. Стоимость нового комплекта на рынке от 4,8 млн. руб.

Выводы:

Приведено правовое обоснование возможности использования результатов фотограмметрической съемки места происшествия при расследовании ДТП, ссылаясь на нормативную документацию.

Описан алгоритм использования фотограмметрического оборудования для фиксации обстоятельств ДТП и составления схем.

Преимущества таких методов:

- автоматизация процесса измерений и обработки данных, съемка труднодоступных и сложных объектов;

- возможность многократно использовать данные. Дальнейшей обработкой и созданием трехмерной модели без повторной съемки;

- сокращение временных и финансовых затрат. Время проведения полевых исследований сокращается до 90%. Быстрое получение и обновление информации;

- в сравнении с двухмерными измерениями - наибольшая точность и информативность;

- минимизация «человеческого фактора» без остановки производственных работ.

3 Разработка требований к применяемому оборудованию для фотограмметрической метода фиксации ДТП

Для построения сетей фототриангуляции используют три способа: независимых моделей, независимых маршрутов и связей. Способ независимых моделей подразумевает следующий порядок действий. По отдельным стереопарам строят модели, независимые друг от друга. Затем их соединяют в общую модель (блок), используя межмодельные связующие точки, расположенные в пределах продольных межмодельных перекрытиях, и межмаршрутные связующие точки, расположенные в пределах поперечных межмаршрутных перекрытиях. В результате получают свободную сеть, т.е. сеть в масштабе, близком к заданному, и с примерной ориентировкой в системе координат объекта. Затем выполняют внешнее ориентирование и уравнивание свободной сети по опорным точкам. Способ независимых маршрутов заключается в том, что свободные сети строят в пределах маршрутов, а затем по межмаршрутным связующим точкам соединяют их в блок, который внешне ориентируют и уравнивают по опорным точкам. Способ связей позволяет построить, ориентировать и уравнивать сеть одновременно по всем снимкам без построения моделей.

Подготовительные работы включают получение и изучение исходных материалов, а также подготовку прибора к работе.

Исходными материалами являются:

1) материалы аэро- или наземной съёмки, в качестве которых могут быть чёрно-белые, цветные или спектрозональные снимки. Сканирование снимков выполняют в том порядке, в каком они будут обрабатываться, не допуская их разворота относительно системы координат сканера и соблюдая в пределах каждого маршрута их ориентировку относительно местности;

2) паспортные данные фотокамеры: фокусное расстояние, расстояния между координатными метками или координаты этих меток, данные о

дисторсии объектива фотокамеры и другие данные при использовании не кадровых фотокамер;

3) значение высоты фотографирования над средней плоскостью участка местности или значение среднего масштаба снимков;

4) элементы внешнего ориентирования снимков, если они были определены во время съёмки [26].

3.1 Методика построения моделей на основе фотограмметрической съёмки

Основные элементы центральной перспективной проекции кадрового фотоснимка, которые мы использовали в работе, представлены на рисунке 3.

Основные точки и линии центральной перспективной проекции, используемые далее в тексте, показаны на рисунке 3.1 и даны их описания: где они располагаются и какие свойства имеют.

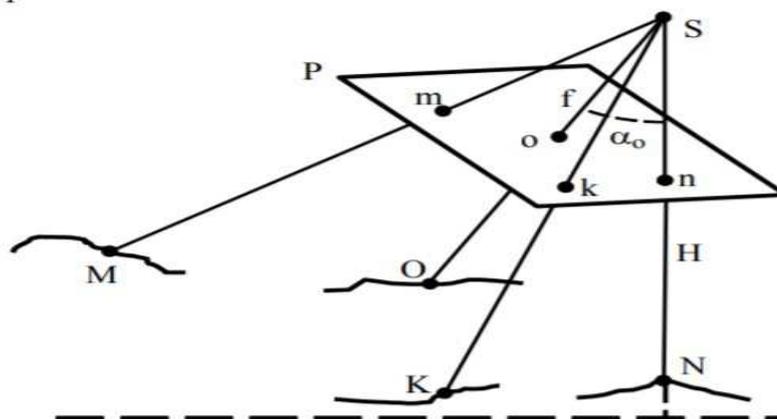


Рисунок 3.1 – Основные точки и линии центральной перспективной проекции

P – плоскость наклонного снимка;

S – центр проекции. Из него нами получен наклонный снимок P;

SO – главный оптический луч наклонного снимка – перпендикуляр к плоскости снимка P;

o – главная точка наклонного снимка – точка пересечения главным оптическим лучом SO плоскости снимка;

$So = f$ – фокусное расстояние снимка или фотокамеры f_k ;

SN – отвесная линия, перпендикуляр к поверхности относимости;

$\angle oSn = \alpha_0$ – угол наклона снимка, определяет отклонение главного оптического луча SO от отвесной линии SN;

$H = SN$ – высота фотографирования;

n – точка надира на наклонном снимке – точка пересечения этого снимка отвесной линией SN. В точке надира сходятся изображения вертикальных линий на местности. Расстояние этой точки от главной точки $on = -f \operatorname{tg} \alpha_0$.

Введенная нами пространственная система координат имеет элементы внутреннего и внешнего ориентирования, которые описаны ниже.

3.1.1 Система координат снимка. Элементы внутреннего ориентирования снимка

Началом пространственной прямоугольной системы координат кадрового снимка является центр проекции S (рисунок 3.2). Измерения координат точек объекта на кадровом снимке выполняются в системе координат снимка, которая задается либо координатными метками на аналоговом снимке, либо системой координат матрицы цифровой фотокамеры.

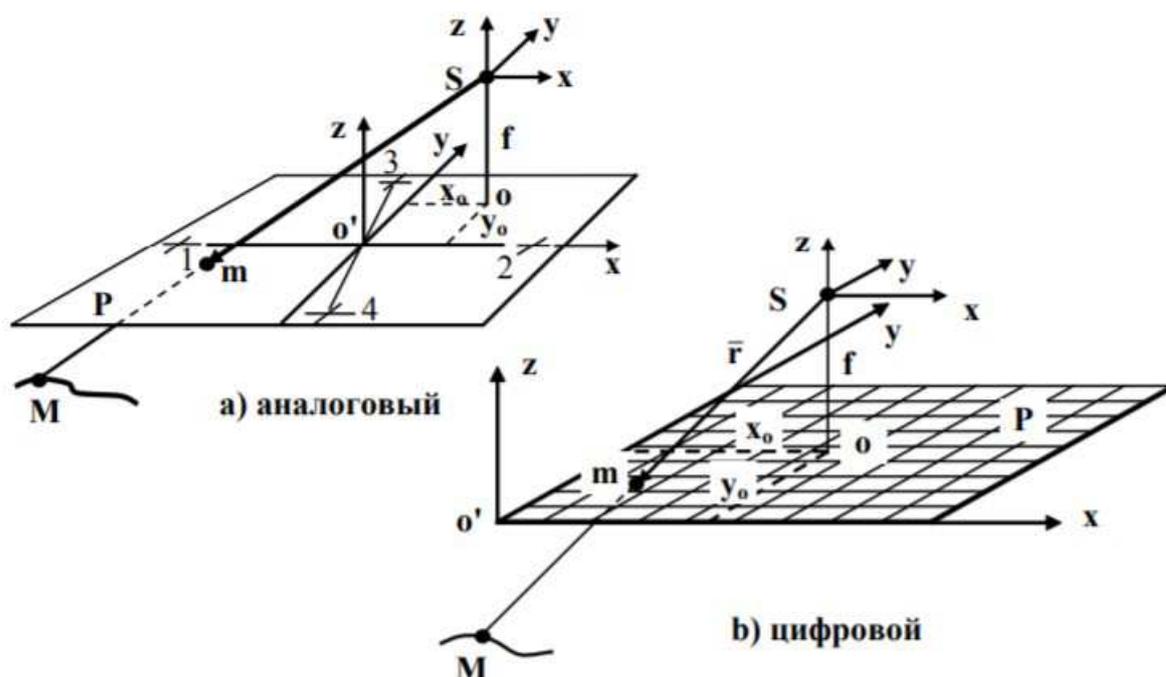


Рисунок 3.2 – Система координат: а) аналогового снимка; б) цифрового снимка

На аналоговом снимке (рисунок 3.2, а) четыре координатные метки располагаются либо посередине каждой стороны снимка, либо в его углах. Координатные метки имеют вид креста или крестообразных штрихов с точкой посередине.

Ось x снимка проходит через метки 1 и 2 и направлена вдоль полета носителя.

Введем точку o' пересечения оси x линией, соединяющей метки 3 и 4. Она будет служить началом системы координат.

Ось y проходит через точку o' перпендикулярно к оси x , а ось z – через точку o' перпендикулярно к плоскости xy . Положительное направление оси x задают от метки 1 к метке 2, оси y – от метки 4 к метке 3, а оси z – вверх от плоскости xy .

Для цифрового изображения метки не нужны, поскольку положение каждого пикселя определено в ортогональной системе координат матрицы $o'xuz$ (рисунок 10, б) [27].

Введенные нами системы координат снимка $Sxuz$ и $o'xuz$ параллельны и имеют параметры смещения относительно друг друга: x_0, y_0, f , где x_0 и y_0 координаты главной точки o в системе координат $o'xuz$, а f – фокусное расстояние фотокамеры. Параметры x_0, y_0, f называют элементами внутреннего ориентирования снимка.

Элементы внутреннего ориентирования определяют в процессе калибровки фотокамеры. Также в процессе калибровки определяют параметры дисторсии фотокамеры, которая характеризует нарушение ортоскопии при построении изображения.

Дисторсия – это геометрическое искажения линий на фотографии. Дисторсия может быть задана в виде поправок или коэффициентов полинома.

Поскольку элементы внутреннего ориентирования определяют в системе координат снимка $o'xuz$ положение центра проекции S , т.е. положение точки через которую проходят все проектирующие лучи, то говорят, что элементы внутреннего ориентирования позволяют восстановить связку проектирующих лучей. Поскольку дисторсия описывает свойства проектирующих лучей, то и её также относят к элементам внутреннего ориентирования фотокамеры.

3.1.2 Особенности измерения координат на цифровом снимке

Мы для простоты и наглядности цифровое изображение представили в виде прямоугольной матрицу, каждый элемент которой – пиксель – имеет свое определенное положение, заданное номером столбца j и строки i , которые в силу своей прямоугольной структуры и задают систему координат цифрового изображения (рисунок 3.3, а).

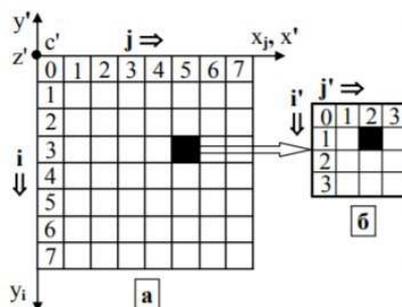


Рисунок 3.3 – Система координат цифрового изображения: а – нормальная; б – увеличенная в 4 раза

Эта система координат – левая. Начало координат находится в левом верхнем углу (точка c'), где расположен нулевой пиксель. Ось x_j направлена

вправо и вдоль неё идёт счёт столбцов j . Ось y_i направлена вниз и вдоль неё идёт счёт строк i . Координаты центра любого пикселя определяются так:

$$x_j = j + 0,5, y_i = i + 0,5, \quad (3.1)$$

где j и i – номера столбца и строки матрицы цифрового изображения. Для закрашенного пикселя ($j = 5, i = 3$) координаты будут $x_j = 5,5$ и $y_i = 3,5$.

Нами установлено, что для перехода от пиксельных координат к метрическим координатам нужно умножить пиксельные координаты на метрический размер пикселя Δ , заданный при сканировании снимка или при изготовлении матрицы цифровой фотокамеры, т.е.

$x' = \Delta \times x_j$ и $y' = \Delta \times y_i$. Если $\Delta = 10$ мкм, то метрические координаты закрашенного пикселя будут $x' = 5,5 \times 10 = 55$ мкм и $y' = 3,5 \times 10 = 35$ мкм.

В ЦФС часто систему координат исходной матрицы цифрового изображения пересчитывают из левой системы в правую, перенося начало системы координат из левого верхнего в левый нижний угол. В результате оси метрических координат будут иметь направления: ось x_j – вправо, а ось y_i – вверх.

В ЦФС мы можем измерения цифрового изображения выполнять на экране монитора путём позиционирования измерительной марки на точку изображения. При выводе на экран цифрового изображения в масштабе 1:1 (такой вывод еще называется истинный размер) пиксель исходного изображения совпадает с пикселем экрана монитора. В этом случае, если размер пикселя исходного изображения, например, равен 12 мкм, а размер пикселя экрана монитора – 240 мкм, то отображение изображения на экране монитора соответствует оптическому увеличению 20 крат. При таком увеличении дискретность перемещения измерительной марки равна пикселю и, соответственно, измеренные координаты будут зафиксированы до одного пикселя.

В ходе работы нами определено, что увеличение точности измерения координат можно достичь за счет увеличения исходного изображения в n раз. В этом случае один пиксель исходного изображения отображается в нескольких пикселях экрана монитора, например, при увеличении 2:1 на 4 пикселях монитора, 3:1 на 9 пикселях и т.д. Пропорционально увеличению увеличивается дискретность перемещения измерительной марки, а значит и точность фиксирования координат. Координаты увеличенного изображения определяются по формулам:

$$x_j = j + \frac{j+0,5}{n}, \quad y_i = i + \frac{i+0,5}{n}. \quad (3.2)$$

На рисунке 3.3, б показано, как при увеличении в 4 раза пиксель исходного изображения отображается на 16 пикселях монитора. На исходной матрице закрашенный пиксель имеет нумерацию $j = 5, i = 3$. На подматрице

закрашенный пиксель имеет нумерацию $j' = 2$, $i' = 1$. Следовательно, пиксельные координаты центра закрашенного пикселя подматрицы будут

$$x_j = 5 + \frac{2 + 0,5}{4} = 5,625, \quad y_i = 3 + \frac{1 + 0,5}{4} = 3,375, \quad (3.3)$$

а метрические координаты при $\Delta = 10$ мкм будут $x' = 56,25$ мкм, $y' = 33,75$ мкм.

Однако за счет увеличения изображения увеличивать точность измерений до бесконечности нельзя. Максимально разумные увеличения 2-3 крата. Дальнейшее увеличение приводит к потере измеряемых объектов (точек), т.к. на экране появляются изображения пикселей, а изображение объекта размывается. Однако оператору необходимо измерять не пиксели, а объект (некий образ), который складывается из множества пикселей.

Достижение подпиксельной точности возможно не только за счет увеличения изображения. В настоящее время существуют алгоритмы, позволяющие выполнять виртуальный пересчет матрицы исходного изображения относительно положения измерительной марки, и таким образом увеличивать точность измерений.

3.1.3 Система координат объекта, элементы внешнего ориентирования снимка

В ходе работы нами установлено, что положение снимка в пространстве в момент фотографирования определяют **элементы внешнего ориентирования**. Под понятием снимок надо подразумевать связку проектирующих лучей, восстановленную на этапе внутреннего ориентирования, когда были заданы элементы внутреннего ориентирования снимка x_0 , y_0 , f и определено положение центра проекции S относительно системы координат снимка P .

Мы рассмотрели связку проектирующих лучей как «твердое тело», в таком случае положение твердого тела в пространстве в декартовой системе координат определяют 6 параметров. Поскольку связку мы построили в системе координат снимка, то эти параметры, суть параметры связи двух пространственных прямоугольных систем координат. Таким образом, для ориентирования системы координат снимка относительно системы координат объекта необходимо знать шесть элементов внешнего ориентирования снимка (рисунок 3.4).

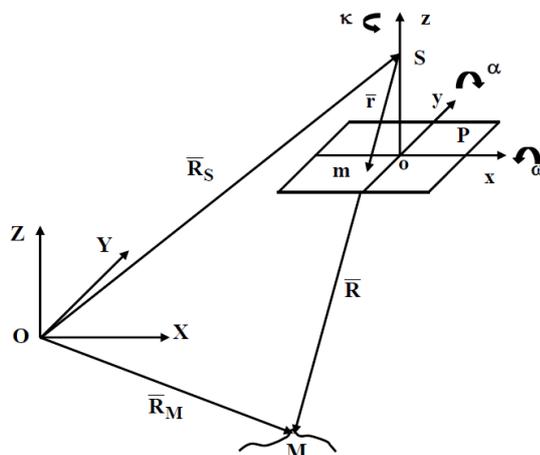


Рисунок 3.4 – Система координат объекта OXYZ, система координат снимка oxyz

Мы ввели систему координат объекта OXYZ, система координат снимка oxyz (рисунок 3.4). Вектор R_s определяет положение центра проекции S в системе координат объекта. Вектор R_m определяет положение точки объекта M в системе координат объекта. Вектор R определяет положение точки объекта M относительно системы координат снимка. Вектор r определяет в системе координат снимка положение на снимке изображения m точки объекта M.

В качестве элементов внешнего ориентирования снимка в предложенной нами системе взяты координаты X_s , Y_s , Z_s центра проекции S в системе координат объекта OXYZ и углы поворота ω , α , κ системы координат снимка oxyz относительно системы координат объекта OXYZ.

Угол поворота ω называется **поперечным** и определяет вращение вокруг оси ox , угол поворота α называется **продольным** (крен) и определяет вращение вокруг оси oy , угол κ называется **разворотом** (снос) и определяет вращение вокруг оси oz . Координаты точек объекта и их изображений на снимке связаны векторным уравнением, которое называется уравнением коллинеарности:

$$\bar{R} = \bar{R}_s + \bar{R}. \quad (3.4)$$

или в координатной форме:

$$\left. \begin{aligned} X &= X_s + (Z - Z_s) \frac{X'}{Z'} \\ Y &= Y_s + (Z - Z_s) \frac{Y'}{Z'} \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

где: X , Y , Z – координаты точки M в системе координат объекта;
 X_s , Y_s , Z_s – координаты центра проекции S в системе координат объекта;

X', Y', Z' – координаты вектора r в системе координат объекта, которые определяются по формуле:

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{pmatrix}, \quad (3.6)$$

где A – матрица преобразования координат (матрица направляющих косинусов), элементы c_{ij} которой определяются по значениям угловых элементов внешнего ориентирования снимка ω, α, κ . С учетом последнего выражения уравнение коллинеарности примет вид:

$$\left. \begin{aligned} X &= X_S + (Z - Z_S) \frac{c_{11}(x - x_0) + c_{12}(y - y_0) - c_{13}f}{c_{31}(x - x_0) + c_{32}(y - y_0) - c_{33}f} \\ Y &= Y_S + (Z - Z_S) \frac{c_{21}(x - x_0) + c_{22}(y - y_0) - c_{23}f}{c_{31}(x - x_0) + c_{32}(y - y_0) - c_{33}f} \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

Если известны элементы внешнего ориентирования снимка $X_S, Y_S, Z_S, \omega, \alpha, \kappa$ и высоты точек Z , то по формуле (3.7) мы можем определить координаты точек объекта.

Элементы внешнего ориентирования могут быть определены в результате фотограмметрической обработки снимков по опорным точкам или получены во время съёмки по данным обработки бортовых спутниковых кинематических измерений и измерений инерциальной системы.

3.1.4 Элементы внешнего ориентирования пары снимков

Для нахождения параметров взаимного расположения снимков и искомого объекта в пространстве мы ввели элементы внешнего ориентирования. Положение пары снимков в координатной системе $OXYZ$ (рисунок 3.5) объекта определяется 12 элементами внешнего ориентирования: шестью элементами внешнего ориентирования левого снимка и шестью элементами внешнего ориентирования правого снимка:

$$X_{сл}, Y_{сл}, Z_{сл}, \omega_l, \alpha_l, \kappa_l, X_{сп}, Y_{сп}, Z_{сп}, \omega_p, \alpha_p, \kappa_p. \quad (3.8)$$

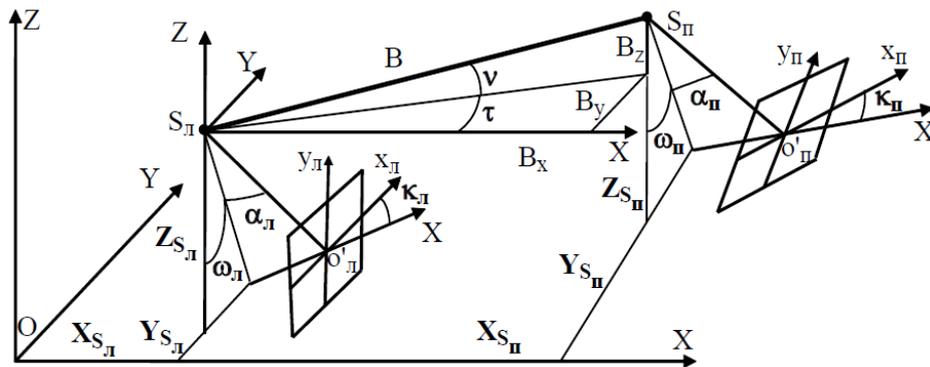


Рисунок 3.5 – Положение пары снимков в координатной системе OXYZ

Координаты правого центра проекции мы можем вычислить через координаты левого центра проекции и проекции **базиса** фотографирования **B** на координатные оси: $X_{Sп} = X_{Sл} + B_X$, $Y_{Sп} = Y_{Sл} + B_Y$, $Z_{Sп} = Z_{Sл} + B_Z$. Вычисление базисных составляющих B_X , B_Y , B_Z производится по формулам:

$$\begin{bmatrix} B_X \\ B_Y \\ B_Z \end{bmatrix} = B A_{v\tau} = B \begin{bmatrix} \cos v \cos \tau \\ \cos v \sin \tau \\ \sin v \end{bmatrix}. \quad (3.9)$$

На основе (3.9) значения углов v и τ можно вычислить по формулам

$$v = \arcsin \frac{B_Z}{B} = \arctg \frac{B_Z}{\sqrt{B_X^2 + B_Y^2}}, \quad \tau = \arctg \frac{B_Y}{B_X}. \quad (3.10)$$

Нами определено, что с учётом элементов ориентирования базиса фотографирования 12 элементов внешнего ориентирования пары снимков в координатной системе OXYZ можно записать в виде:

$$X_{Sл}, Y_{Sл}, Z_{Sл}, \omega_{л}, \alpha_{л}, \kappa_{л}, B, v, \tau, \omega_{п}, \alpha_{п}, \kappa_{п}. \quad (3.11)$$

В системе координат $S_{л}XYZ$, параллельной координатной системе OXYZ, начало отсчёта координат расположено в центре проекции левого снимка, поэтому $X_{Sл} = Y_{Sл} = Z_{Sл} = 0$. В результате для пары снимков в координатной системе $S_{л}XYZ$ из 12 элементов внешнего ориентирования (3.10) не равными нулю будут девять:

$$\omega_{л}, \alpha_{л}, \kappa_{л}, B, v, \tau, \omega_{п}, \alpha_{п}, \kappa_{п}. \quad (3.12)$$

3.1.5 Системы координат модели объекта. Элементы взаимного ориентирования пары снимков

При построении модели объекта нами использовалась система координат $S_{\text{Л}}XMYMZM$, у которой начало отсчёта координат расположено в центре проекции левого снимка, т.е. $XMS_{\text{Л}} = YMS_{\text{Л}} = ZMS_{\text{Л}} = 0$. Следовательно, в системе координат модели объекта из 12 элементов ориентирования пары снимков не равными нулю будут девять аналогично (8). Чтобы отличать их от элементов внешнего ориентирования этих снимков в системе координат объекта, введём индекс "штрих", а базис обозначим буквой b , т.к. его длина задаётся в масштабе модели, и он называется базисом проектирования.

$$\omega_{\text{Л}}', \alpha_{\text{Л}}', \kappa_{\text{Л}}', b, \nu', \tau', \omega_{\text{П}}', \alpha_{\text{П}}', \kappa_{\text{П}}'. \quad (3.13)$$

Для облегчения построения модели, расположение пары снимков в системе координат модели мы задали так, чтобы часть элементов ориентирования (3.13) стали также равными нулю. С этой целью мы использовали две системы координат модели: базисную и левого снимка.

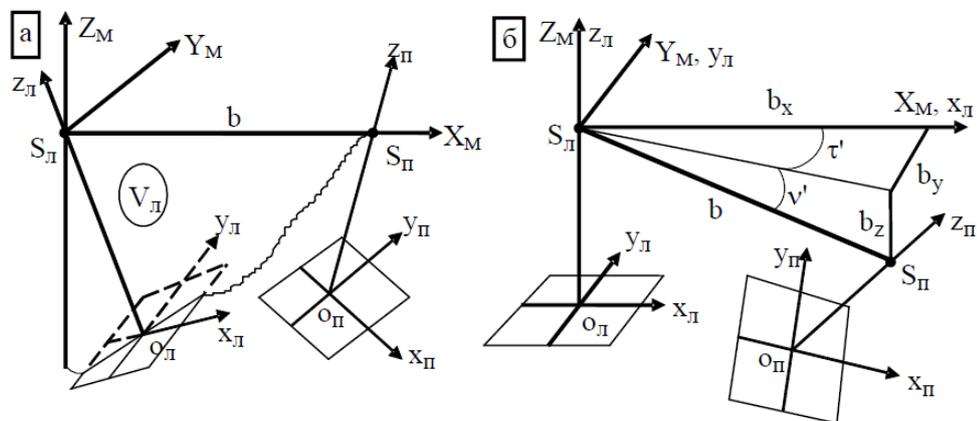


Рисунок 3.6 – Элементы взаимного ориентирования пары снимков

1) **Базисная система координат $S_{\text{Л}}XMYMZM$** (рисунок 3.6, а) названа так потому, что ось X_M совмещена с базисом проектирования $S_{\text{Л}}S_{\text{П}}$, а ось Z_M расположена в главной базисной плоскости $V_{\text{Л}}$ левого снимка, проведённой через базис b и главный оптический луч $S_{\text{Л}}O_{\text{Л}}$. Ось Y_M дополняет систему до правой.

В базисной системе координат из элементов ориентирования пары снимков равны нулю три угловых элемента ориентирования: $\omega_{\text{Л}}' = \nu' = \tau' = 0$. В результате в базисной системе координат для пары снимков число элементов ориентирования, не равных нулю, сокращается до шести:

$$\alpha_{\text{Л}}', \kappa_{\text{Л}}', b, \omega_{\text{П}}', \alpha_{\text{П}}', \kappa_{\text{П}}'.$$

2) **Система координат левого снимка $S_{\text{Л}}X_L Y_L Z_L$** (рисунок 3.6, б) названа так, потому что она параллельна системе координат $S_{\text{Л}}X_M Y_M Z_M$

левого снимка. У неё ось ZM совмещена с осью zл, а оси Xм и Yм параллельны осям xл и yл, соответственно. В системе координат левого снимка равны нулю все шесть элементов ориентирования левого снимка: $X_{мсл} = Y_{мсл} = Z_{мсл} = \omega_{л'} = \alpha_{л'} = \kappa_{л'} = 0$. Следовательно, в этой системе координат из элементов ориентирования не равными нулю будет также шесть:

$$b, v', \tau', \omega_{п'}, \alpha_{п'}, \kappa_{п}'.$$

Как видно, в обеих системах координат модели объекта элементы ориентирования и пары снимков, не равные нулю, состоят из линейного элемента (базиса проектирования b) и пяти угловых элементов. Угловые элементы называют элементами взаимного ориентирования пары снимков.

Ниже нами рассмотрен процесс преобразование координат из систем координат стереопары в систему координат объекта

3.1.6 Преобразование координат из систем координат стереопары идеального случая аэросъёмки в систему координат объекта

При выполнении этого процесса в качестве исходных данных мы приняли координаты $(x-x_0)_л, (y-y_0)_л, z_л = -f$ точки m левого снимка (риунок 9) в системе координат $S_{лx_лy_лz_л}$ и координаты $(x-x_0)_п, (y-y_0)_п, z_п = -f$ точки m' правого снимка в системе координат $S_{пx_пy_пz_п}$. Необходимо по этим координатам вычислить координаты X, Y, Z точки M объекта.

Первый случай, рассмотренный нами в работе – случай идеальной аэросъёмки. Идеальный случай аэросъёмки подразумевает следующие условия:

- Базис фотографирования \mathbf{B} параллелен координатной оси X, поэтому его проекции на координатные оси $\mathbf{B}_x = \mathbf{B}, \mathbf{B}_y = \mathbf{B}_z = 0$;

- Снимки расположены горизонтально, т.е. углы $\omega_л = \alpha_л = \kappa_л = \omega_п = \alpha_п = \kappa_п = 0$, и системы координат левого $S_{лx^0_l y^0_l z^0_l}$ и правого $S_{пx^0_p y^0_p z^0_p}$ снимков параллельны системе координат OXYZ объекта.

После подстановки значений базиса и углов в (5.5) и (5.6) матрица $A_{\omega\alpha\kappa}$ превращается в единичную, а масштабный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{B}{x^0_l - x^0_p} = \frac{B}{p^0}, \quad (3.14)$$

где x^0_l, x^0_p – координаты точек на левом и правом горизонтальных снимках,

p^0 – продольный параллакс.

Т.к. получить горизонтальные снимки в полёте практически невозможно, положения точек на них находят путём вычислений. При этом координаты главной точки $x_0 = y_0 = 0$. С учётом сказанного формулы перехода из систем координат стереопары идеального случая аэросъёмки в систему координат объекта будут иметь вид в системе координат OXYZ

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix}_{\text{Л}} + \frac{B}{x^0_{\text{Л}} - x^0_{\text{П}}} \begin{bmatrix} x^0 \\ y^0 \\ -f \end{bmatrix}_{\text{Л}} = \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix}_{\text{Л}} + \frac{B}{p^0} \begin{bmatrix} x^0 \\ y^0 \\ -f \end{bmatrix}_{\text{Л}}, \quad (3.15)$$

и в системе координат $S_{\text{Л}}XYZ$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \frac{B}{x^0_{\text{Л}} - x^0_{\text{П}}} \begin{bmatrix} x^0 \\ y^0 \\ -f \end{bmatrix}_{\text{Л}} = \frac{B}{p^0} \begin{bmatrix} x^0 \\ y^0 \\ -f \end{bmatrix}_{\text{Л}}. \quad (3.16)$$

Смысл коэффициента $\frac{B}{x^0_{\text{Л}} - x^0_{\text{П}}} = \frac{B}{p^0}$ можно определить из формулы для координаты Z. Запишем $\frac{B}{p^0} = \frac{-Z}{f}$. Учитывая, что расстояние вдоль отвесной линии между центром проекции S и определяемой точкой является высотой фотографирования H и значение её находится в отрицательной области координатной оси Z, заменим Z на -H. В результате получим

$$\frac{B}{p^0} = \frac{H}{f} = m, \quad (3.17)$$

где m – знаменатель масштаба съёмки.

С учётом (14) формулы (13) можно записать в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{B}{p^0} x^0_{\text{Л}} = -\frac{Z}{f} x^0_{\text{Л}} = \frac{H}{f} x^0_{\text{Л}}; \\ Y &= \frac{B}{p^0} y^0_{\text{Л}} = -\frac{Z}{f} y^0_{\text{Л}} = \frac{H}{f} y^0_{\text{Л}}; \\ Z &= -\frac{B}{p^0} f \end{aligned} \right\} \quad (3.18)$$

Но поскольку случай идеальной съёмки возможен лишь в теории, нами рассмотрен нормальный вариант аэросъёмки.

3.1.7 Преобразование координат из систем координат стереопары в систему координат объекта

Пространственные координаты пары снимков и искомого объекта приведены на рисунке 3.7.

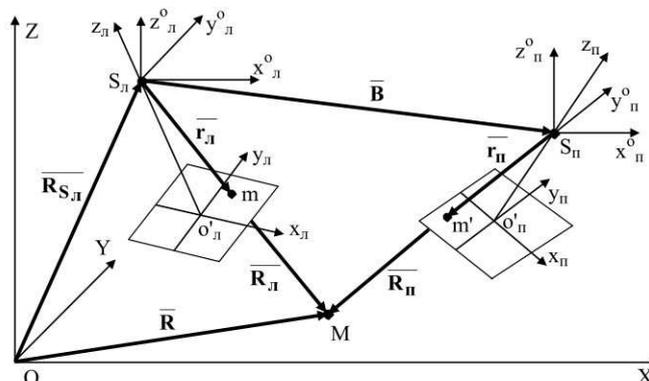


Рисунок 3.7 – Пространственные координаты пары снимков и искомого объекта

В введенной нами системе координат OXYZ объекта положение точки M определяется вектором \bar{R} , положение центра проекции S_L левого снимка – вектором \bar{R}_{S_L} . В то же время положение точки M относительно центра проекции S_L левого снимка задаётся вектором \bar{R}_L . Векторы \bar{R} , \bar{R}_{S_L} и \bar{R}_L составляют треугольник, и связь между ними следующая:

$$\bar{R} = \bar{R}_{S_L} + \bar{R}_L \quad (3.19)$$

Положение точки m на левом снимке определяется вектором \bar{r}_L , который является коллинеарным с вектором \bar{R}_L . Связь между этими векторами определяется зависимостью $\bar{R}_L = N\bar{r}_L$, где N – скалярный множитель, представляющий собой с точки зрения фотограмметрии масштабный коэффициент. С учётом такого соотношения векторов формула (3.19) будет иметь следующий вид:

$$\bar{R} = \bar{R}_{S_L} + N\bar{r}_L \quad (3.20)$$

Формулу 2 ввели для перехода от **точек снимка к точкам объекта в векторном виде**. Чтобы заменить вектора координатами, введем **системы координат $S_{лx^0_{л}y^0_{л}z^0_{л}}$ левого и $S_{пx^0_{п}y^0_{п}z^0_{п}}$ правого снимков**, которые параллельны системе координат OXYZ объекта и являются системами координат горизонтальных снимков (углы $\omega = \alpha = \kappa = 0$). Спроектируем векторы R и $R_{сл}$ на оси координатной системы OXYZ, а вектор $r_{л}$ на оси координатной системы $S_{лx^0_{л}y^0_{л}z^0_{л}}$. В результате векторное уравнение (3.20) запишем в координатной форме

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix}_{л} + N \begin{bmatrix} x^0 \\ y^0 \\ z^0 \end{bmatrix}_{л} \quad (3.21)$$

Координаты $x^0_{л}$, $y^0_{л}$, $z^0_{л}$ точек на левом горизонтальном снимке неизвестны, но известны координаты $(x-x_0)_{л}$, $(y-y_0)_{л}$, $z_{л} = -f$ точек, измеренные на левом наклонённом снимке в системе координат $S_{лx_{л}y_{л}z_{л}}$.

Преобразование координат из этой системы координат в систему координат $S_{лx^0_{л}y^0_{л}z^0_{л}}$ мы выполнили с использованием угловых элементов внешнего ориентирования левого снимка.

$$\begin{bmatrix} x^0 \\ y^0 \\ z^0 \end{bmatrix}_{л} = A_{\omega_{л}\alpha_{л}\kappa_{л}} \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{bmatrix}_{л} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{bmatrix}_{л} \quad (3.22)$$

где $A_{\omega_{л}\alpha_{л}\kappa_{л}}$ – матрица поворота системы координат $S_{лx_{л}y_{л}z_{л}}$ до положения системы координат $S_{лx^0_{л}y^0_{л}z^0_{л}}$;

c_{ij} – направляющие косинусы, величины которых зависят от угловых элементов внешнего ориентирования левого снимка: $\omega_{л}$, $\alpha_{л}$, $\kappa_{л}$.

Подставив (3.22) в (3.21), получим формулы перехода из систем координат $S_{лx_{л}y_{л}z_{л}}$ и $S_{пx_{п}y_{п}z_{п}}$ в систему координат OXYZ объекта.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix}_{\text{Л}} + N \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{bmatrix}_{\text{Л}}. \quad (3.23)$$

В системе координат $S_{\text{Л}}XYZ$, параллельной системе координат $OXYZ$, $X_{S_{\text{Л}}} = Y_{S_{\text{Л}}} = Z_{S_{\text{Л}}} = 0$ и формулы (3.23) имеют вид:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = N \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{bmatrix}_{\text{Л}} \quad (3.24)$$

В (3.25) и (3.26) масштабный коэффициент N неизвестен. Для его определения используем базис фотографирования \mathbf{B} и результаты измерения правого снимка. Векторы $\mathbf{R}_{\text{п}}$ и $\mathbf{r}_{\text{п}}$ (рисунок 1) коллинеарны и их векторное произведение $\mathbf{R}_{\text{п}} \times \mathbf{r}_{\text{п}} = 0$. Т.к. $\mathbf{R}_{\text{п}} = \mathbf{R}_{\text{Л}} - \mathbf{B} = N\mathbf{r}_{\text{Л}} - \mathbf{B}$, векторное произведение запишем в виде: $(N\mathbf{r}_{\text{Л}} - \mathbf{B}) \times \mathbf{r}_{\text{п}} = 0$. Раскрыв скобки и переставив второе векторное произведение в правую часть равенства, получим $N(\mathbf{r}_{\text{Л}} \times \mathbf{r}_{\text{п}}) = \mathbf{B} \times \mathbf{r}_{\text{п}}$, а затем формулу расчёта масштабного коэффициента в векторном виде

$$N = \frac{\overline{\mathbf{B} \times \mathbf{r}_{\text{п}}}}{\overline{\mathbf{r}_{\text{Л}} \times \mathbf{r}_{\text{п}}}}. \quad (3.25)$$

Спроектируем вектор $\overline{\mathbf{B}}$ на координатные оси системы $OXYZ$, а векторы $\overline{\mathbf{r}_{\text{Л}}}$ и $\overline{\mathbf{r}_{\text{п}}}$ на координатные оси систем $S_{\text{Л}}x_{\text{Л}}^0 y_{\text{Л}}^0 z_{\text{Л}}^0$ и $S_{\text{п}}x_{\text{п}}^0 y_{\text{п}}^0 z_{\text{п}}^0$, соответственно. В результате получим координаты векторов: $\overline{\mathbf{B}} \Rightarrow B_X, B_Y, B_Z$; $\overline{\mathbf{r}_{\text{Л}}} \Rightarrow x_{\text{Л}}^0, y_{\text{Л}}^0, z_{\text{Л}}^0$; $\overline{\mathbf{r}_{\text{п}}} \Rightarrow x_{\text{п}}^0, y_{\text{п}}^0, z_{\text{п}}^0$. Подставив эти координаты в (3.25) получим

$$N = \left[\frac{\begin{vmatrix} B_Y & B_Z \\ y_{\text{п}}^0 & z_{\text{п}}^0 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} B_Z & B_X \\ z_{\text{п}}^0 & x_{\text{п}}^0 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} B_X & B_Y \\ x_{\text{п}}^0 & y_{\text{п}}^0 \end{vmatrix}^2}{\begin{vmatrix} y_{\text{Л}}^0 & z_{\text{Л}}^0 \\ y_{\text{п}}^0 & z_{\text{п}}^0 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} z_{\text{Л}}^0 & x_{\text{Л}}^0 \\ z_{\text{п}}^0 & x_{\text{п}}^0 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} x_{\text{Л}}^0 & y_{\text{Л}}^0 \\ x_{\text{п}}^0 & y_{\text{п}}^0 \end{vmatrix}^2} \right]^{0,5}. \quad (3.26)$$

После раскрытия определителей формула (3.26) принимает вид:

$$N = \left[\frac{(B_Y z^0_{\Pi} - B_Z y^0_{\Pi})^2 + (B_Z x^0_{\Pi} - B_X z^0_{\Pi})^2 + (B_X y^0_{\Pi} - B_Y x^0_{\Pi})^2}{(y^0_{Л} z^0_{\Pi} - y^0_{\Pi} z^0_{Л})^2 + (x^0_{\Pi} z^0_{Л} - x^0_{Л} z^0_{\Pi})^2 + (x^0_{Л} y^0_{\Pi} - x^0_{\Pi} y^0_{Л})^2} \right]^{0,5}, \quad (3.27)$$

где

$$\begin{bmatrix} x^0 \\ y^0 \\ z^0 \end{bmatrix}_{Л} = A_{\omega_{Л}} \alpha_{Л} \kappa_{Л} \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{bmatrix}_{Л}, \quad \begin{bmatrix} x^0 \\ y^0 \\ z^0 \end{bmatrix}_{\Pi} = A_{\omega_{\Pi}} \alpha_{\Pi} \kappa_{\Pi} \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{bmatrix}_{\Pi}. \quad (3.28)$$

3.2 Анализ программного обеспечения для 3-D моделирования и фотограмметрической обработки

К обзору представлено 7 программ:

- 1) Autodesk Remake;
- 2) Agisoft PhotoScan;
- 3) Autodesk Reality Capture;
- 4) Pix4d;
- 5) 3D-Свидетель;
- 6) CYBID PHOTORECT;
- 7) CYBID PLAN
- 8) DroneDeploy

При анализе ПО во внимание взяты следующие параметры:

- точность воссозданной картины;
- скорость обработки данных;
- стоимость продукта;
- системные требования к операционной системе.

3.2.1 Autodesk ReCap

Год выпуска: 2016

Разработчик: autodesk

Разрядность: 64bit

Язык интерфейса: Английский + Русский

Системные требования: OS: Microsoft Windows 7 or later, 16gb оперативной памяти

Существуют бесплатная и профессиональная версии. В бесплатной версии есть ограничение в 125 изображений на проект и доступна только облачная обработка. Подписка на версию Pro стоит 30\$ в месяц, ограничена 250 изображениями на проект, и имеет опцию офлайн-обработки. После

обработки скана можно отредактировать его, очистить внутри Remake или импортировать сетку в другое ПО.

Описание программы. Программа доступна только в версии для Windows. Это облачная утилита превращает обычные фотоснимки в трехмерные полигональные модели с высоким разрешением. Благодаря ReMake в ряде случаев можно избежать долгих часов проектирования в САД-редакторе и даже отказаться от приобретения специализированного 3D-сканера.

Autodesk ReCap появился на свет благодаря растущим возможностям в области фотографии и сканирования, с помощью которых окружающий нас мир приобретает цифровую форму. ReCap должен упростить задачу создания полезных, значимых 3D-моделей на основе реальных объектов и сделать трехмерную оцифровку масштабируемой и доступной широкому ряду пользователей.

Хотя всегда можно сделать несколько десятков фотографий и создать 3D-модель вручную, ReCap автоматизирует процесс, превращая снимки в высококачественные, кастомизируемые цифровые модели. Полученные меши можно чистить, исправлять, редактировать, масштабировать, измерять, сравнивать и оптимизировать для дальнейшего с использованием.

ReCap обеспечивает возможность обратной инженерии, как рабочего инструмента для дизайнеров и разработчиков, средства оцифровки объектов для расширенной и виртуальной реальности, фильмов и игр, метода сохранения предметов искусства и культурного наследия в цифровой форме, инструмента для цифрового производства и интерактивных публикаций в сетях.

Это прекрасное решение для пользователей, не обладающих продвинутыми навыками проектирования, так как ReCap берет на себя самую нудную и сложную часть, касающуюся создания мешей высокого разрешения. Получаемые трехмерные изображения легко могут быть переработаны в модели для 3D-печати. ReCap можно освоить за какие-то двадцать минут, утверждает Autodesk.

Фотография и 3-D модель, созданная по фотографии Autodesk ReCap представлены на рисунке 3.8.

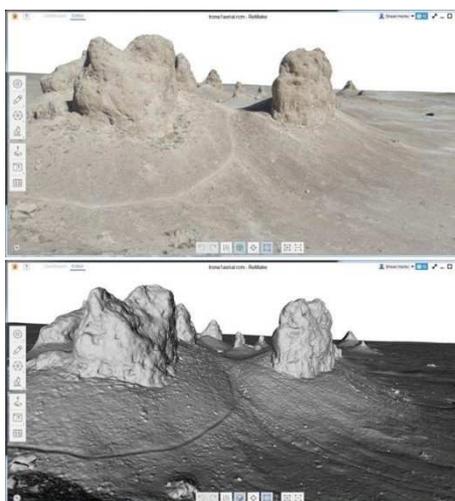


Рисунок 3.8 – Фотография и 3-D модель, созданная по фотографии Autodesk ReCap

3.2.2 Agisoft PhotoScan

В программе Agisoft PhotoScan реализована современная технология создания трехмерных моделей высокого качества на основе цифровых фотографий. Agisoft PhotoScan позволяет использовать для реконструкции 3D модели объекта фотографии, снятые любыми цифровыми фотокамерами с любых ракурсов, при условии, что каждый элемент реконструируемой сцены виден по крайней мере с двух позиций съемки. Точность моделей до 5 см. Процесс создания трехмерной модели полностью автоматизирован.

Кроме того, Agisoft PhotoScan позволяет, для моделей с заданным масштабом, измерять расстояния, а также рассчитывать площадь поверхности и объем объекта. Задание масштаба модели производится на основании предварительных измерений в пределах реконструируемой сцены.

Принцип работы:

1) Определение положений и параметров внешнего и внутреннего ориентирования камер. На этой стадии PhotoScan находит общие точки фотографий и по ним определяет все параметры камер: положение, ориентацию, внутреннюю геометрию (фокусное расстояние, параметры дисторсии и т.п.). Результатами этого этапа являются разреженное облако общих точек в 3D пространстве модели и данные о положении и ориентации камер.

2) Построение плотного облака точек. На втором этапе PhotoScan выполняет построение плотного облака точек на основании рассчитанных положений камер и используемых фотографий. Плотное облако точек может быть отредактировано и классифицировано до экспортирования или перехода на следующий этап создания 3D модели.

3) Построение полигональной модели объекта. На третьем этапе PhotoScan строит трехмерную полигональную модель, описывающую форму объекта, на основании плотного облака точек.

После построения модели иногда требуется ее редактирование. Некоторые изменения, такие как оптимизация модели, удаление изолированных компонент модели, заполнение отверстий и т. п. могут быть выполнены в PhotoScan.

4) Текстурирование объекта. Последний этап включает в себя текстурирование и / или построение ортофотоплана.

Минимальная конфигурация

- ОС Windows XP или более поздняя (32 или 64 бит), Mac OS X Snow Leopard или более поздняя, Debian / Ubuntu (64 бит);
- процессор Intel Core 2 Duo или более мощный;
- 2 Гб оперативной памяти.

Рекомендуется использование камеры с матрицей достаточно высоким разрешением (5 МПикс и более), избегать сверхширокоугольных объективов и объективов типа "рыбий глаз".

Наилучшие результаты могут быть получены при помощи объективов с фокусным расстоянием 50 мм (в 35 мм пленочном эквиваленте). Рекомендуемые рамки изменения фокусного расстояния объективов от 20 до 80 мм (в 35 мм пленочном эквиваленте).

Если съемка производилась камерой с объективом "рыбий глаз", необходимо перед началом обработки задать соответствующий тип камеры в настройках калибровки камеры PhotoScan. Рекомендуется использовать объективы с фиксированным фокусным расстоянием. При использовании объективов с переменным фокусным расстоянием, для более стабильных результатов, необходимо зафиксировать одно из крайних значений фокусного расстояния (максимальное или минимальное) на весь период съемки.

Стандартная версия стоит 180\$, однако если вам нужна опция опорной точки, которая очень полезна при выполнении сканирования больших масштабов, то придется купить профессиональную версию за 3500\$. Несмотря на то, что в Agisoft нет ограничений на количество изображений, чем больше фотографий вы используете, тем более мощный компьютер вам нужен для обработки.

В таблице 3.1 приведены требования к ОЗУ для модели здания из изображений разрешением 12 мегапикселей.

Таблица 3.1 – Требования к ОЗУ для модели здания из изображений разрешением 12 мегапикселей

Кол-во фотографий, шт	20-50	100	200	500
Мин. качество, Гб	0,1-0,3	0,15-0,45	0,3-1	1-3
Низкое качество, Гб	0,5-1,5	0,75-2,2	1,5-4,5	4-12
Среднее качество, Гб	2-6	3-9	6-18	15-45
Высокое качество, Г	8-24	12-36	24-72	60-180
Макс. качество, Гб	32-96	48-144	96-288	240-720

3.2.3 Autodesk ReMake

Системные требования:

- Операционная система Microsoft® Windows 7 Enterprise (64-разрядная версия); Microsoft® Windows 7 Ultimate (64-разрядная версия); Microsoft® Windows 7 Professional (64-разрядная версия); Microsoft® Windows 8 (64-разрядная версия)
- Процессор Тип 2.0 гигагерц (ГГц) или более быстрый 64-разрядный (x64) процессор
- Память 8 ГБ или более ОЗУ
- Разрешение дисплея 1600x1050 или выше. True color
- Display Card OpenGL 3.3, совместимая с видеокартой класса рабочей станции с памятью 1 ГБ
- Дисковое пространство 20 ГБ + свободное место на диске для обработки.

ReMake: это относительно новое приложение (16 Июня 2017 года) может обрабатывать данные гораздо быстрее своих конкурентов, и управляться с огромным количеством изображений на обычном настольном компьютере, если в нём есть графический процессор NVidia. ReMake превосходит другое ПО благодаря функции быстрого выстраивания, позволяющей выстроить изображения за несколько секунд даже на ноутбуке. Это отличный инструмент для проверки данных прямо на месте съёмки, чтобы убедиться, что изображений достаточно. В Agisoft почти таких же скоростей выстраивания можно достичь при более низких настройках, но RC превосходит и значительно быстрее Agisoft в реконструкции облака точек.

На рисунке 3.9 представлена 3-D модель, полученная с помощью ReMake.

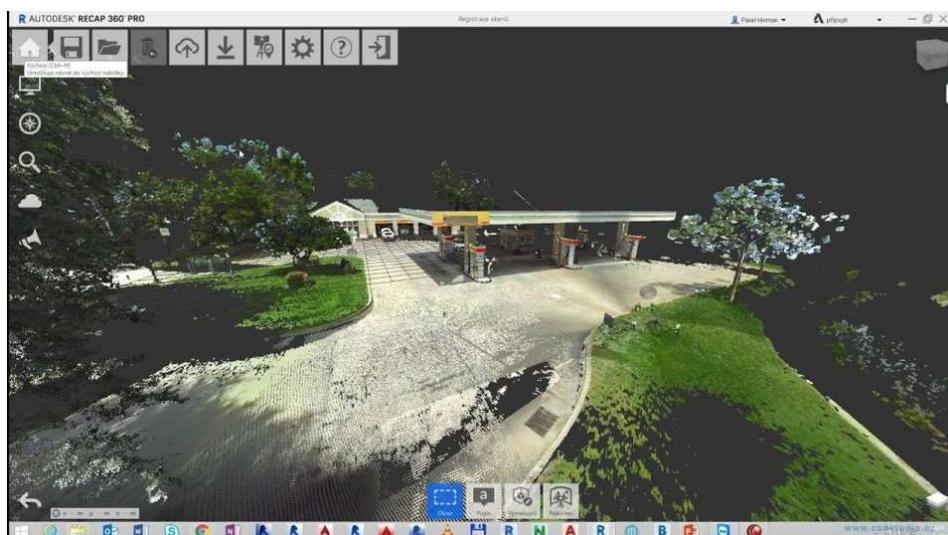


Рисунок 3.9 – 3-D модель, полученная с помощью Autodesk ReMake

Стоит приложение 99€ за 3 месяца, однако в этой версии можно обрабатывать 2500 изображений на проект, чего, впрочем, более чем

достаточно для сканирования любых объектов, кроме масштабных (замков, рельефа и т.д.).

Если вам нужно обрабатывать больше изображений, придётся купить версию CLI, стоящую 7500€ в год. Обе версии имеют одинаковые функции, в том числе опорные точки. Стоит заметить, что пока ReMake не поддерживает 16-битный вывод. Впрочем, это довольно новое ПО, которое часто обновляется, и поддержка 16 бит рано или поздно появится.

3.2.4 Pix4d

Продукты Pix4D позволяют в автоматическом режиме снимать на камеру квадрокоптера сотни фотографий с разных ракурсов, которые с помощью специального алгоритма обрабатываются и объединяются в одну топографическую карту или 3D-модель.

Программное обеспечение от Pix4D поддерживает работу с большинством современных дронов, ускоряет и упрощает процесс фотограмметрии, оцифровки и построения 3D-моделей.

Приложение может обрабатывать большие объёмы данных на мощных компьютерах, и оно немного быстрее Agisoft.

Для начала от пользователя требуется выбрать один из доступных типов управления. Есть возможность выбрать режим свободного полета (Freeflight mission), в котором за движения дрона отвечает оператор, а камера делает новый кадр после изменения положения дрона на заданное значение по горизонтали и вертикали.

В автоматических режимах для построения цифровой модели рельефа (ЦМР) требуется задать в приложении границы снимаемого объекта, высоту полета, угол наклона камеры и другие параметры.

Принцип работы. После взлета квадрокоптер в автоматическом режиме пролетает над снимаемой областью, делает необходимое количество кадров. Также программа записывает информацию о каждой фотографии в отдельный EXIF-файл, в котором указываются данные долготы и широты, высота полета и угол наклона камеры. После завершения съемки полученные данные необходимо импортировать в программу Pix4D или отправить в облачное хранилище для обработки. С помощью технологии распознавания образов начнется поиск общих или «связующих» точек на фотографиях: ищутся уникальные похожие сочетания пикселей по цвету и геометрическому расположению на разных фотографиях, в результате чего это совпадение становится ключевой точкой. Чем больше найдено соответствий, тем точнее выстраивается модель. Для построения точки этой модели в пространстве необходимо совпадение минимум на трех фотографиях, но лучше на большем количестве, а это возможно если перекрытие фотографий составляет не менее 60% в поперечном и 75% в продольном направлениях.

Далее происходит вычисление пространственных координат каждой ключевой точки методом триангуляции и извлечения данных из EXIF-файла. У изображения берется центральная область, с которой происходила фотосъемка, и от нее проводится линия зрения до каждой ключевой точки, найденной на снимке. Результат пересечения этих линий и дает искомое значение пространственных координат. Кроме того, для минимизирования суммы квадратов множества ошибок применяется алгоритм Левенберга — Марквардта или метод связок.

На основе всех этих вычислений программа выстраивает расширенное облако точек для генерации снимаемой поверхности, составленной из полигонов или мешей. И последний этап — вычисление размера пикселей и определение соответствия пикселей на фотографии сгенерированному мешу.

По завершению работы программы вы получаете трехмерную модель необходимой вам области. Вы можете изменить масштаб, настроить контраст и яркость, тепловой баланс, импортировать полученные данные в ГИС и САПР программы, измерить объем земляных работ.

Точность съемки составляет от 1 до 2 см/пиксель в плоскостях X и Y, а также от 1 до 3 см/пиксель в плоскости Z (в зависимости от перепада высот снимаемой площади).

На рисунке 3.10 представлена 3-D модель, полученная с помощью Pix4d.



Рисунок 3.10 – 3-D модель, полученная с помощью Pix4d

Недостатки. Программа распознает любые отражающие поверхности как элемент конструкции и в автоматическом режиме обрабатывает их для создания модели.

Также в автоматическом режиме есть ограничения по площади аэрофотосъемки за один полет. Чем больше высота (хуже разрешение) и меньше степень перекрытия (меньше ключевых точек и хуже точность воссоздания модели), тем большую территорию можно покрыть за один раз. Например, модель квадрокоптера Phantom 4 Pro при высоте съемки 200 метров (5,5 см/пиксель) и минимальном перекрытии (75% продольное и 60% поперечное) сможет отснять 100 га местности.

Если вам нужно обработать больше 2500 изображений, и у вас разовый проект, возможно, стоит выбрать Pix4d с ежемесячной подпиской за 350\$.

3.2.5 CYBID PHOTORECT

PHOTORECT является фотограмметрической программой и служит для преобразования обычных фотографий в изображения в ортогональной проекции (коррекция перспективы), которые могут быть использованы для выполнения всех видов измерений. Программа может применяться в криминалистике как для фиксации сложной вещно-следовой обстановки в месте совершения преступления в общем, так и обстановки в месте ДТП в частности.

Вместо утомительного процесса многократных измерений и нанесения на план места совершения преступления (места совершения ДТП) формы, размеров и расположения отдельных элементов местности, объектов и обнаруженных следов, программа PHOTORECT дает возможность сделать всего несколько соответствующих фотоизображений, чтобы в дальнейшем с их помощью определить геометрические формы, размеры, а также локализацию интересующих нас объектов.

Фотоизображения, сделанные в типичной перспективе, не позволяют непосредственно производить измерения или определять относительное положение объектов. Изображение действительности, представленной на фотографии, искажено эффектом перспективы – объекты, которые находятся ближе к фотографу, выглядят большими, более отдаленные соответственно меньшими, а линии, идущие от наблюдателя, которые в действительности параллельные, сходятся на фотоизображении в некоторой точке.

Чтобы непосредственно использовать такие фотоизображения, они должны быть сделаны на большом расстоянии точно перпендикулярно к плоскости – так называемая ортофотография. В обычных условиях, особенно когда интересующая нас плоскость находится на земле, произвести ортофотосъемку практически невозможно. Именно для преобразования обычного перспективного фотоизображения в ортогональную проекцию и служит программа PHOTORECT.

Применение. Возможности, которые дает использование фотограмметрии в программе PHOTORECT:

- высокая оперативность фиксации вещно-следовой обстановки в месте происшествия – дает возможность быстрого восстановления нормального функционирования места происшествия, в котором проводится осмотр (например, восстановление нормального дорожного движения);

- предупреждение уничтожения следов благодаря значительному сокращению действий, производимых непосредственно на месте происшествия. Недолговечные следы можно легко уничтожить, из-за неблагоприятных погодных условий или действий спасательных служб, которые спасая жизнь и здоровье потерпевших, часто необратимо изменяют вещно-следовую обстановку в месте происшествия;

- при прямых измерениях необходимо находиться точно в пунктах, которые необходимо измерить, а в фотограмметрических методах, нет такой необходимости. Это неоценимое преимущество, когда место происшествия является недоступным, или если существуют обстоятельства, при которых дальнейшее пребывание людей, участвующих в инвентаризации было бы невозможным или опасным, или мешало бы другим действиям, связанным с обеспечением безопасности места происшествия;

- более объективные результаты. Фотокамера регистрирует изображение, а затем программа преобразует его абсолютно объективным образом, становясь таким образом, независимым от наблюдательности, навыков, опыта и текущего состояния людей, непосредственно занимающихся осмотром места происшествия и работающих часто под давлением временного фактора и неблагоприятных погодных условий;

- более объективные результаты. Фотокамера регистрирует изображение, а затем программа преобразует его абсолютно объективным образом, становясь таким образом, независимым от наблюдательности, навыков, опыта и текущего состояния людей, непосредственно занимающихся осмотром места происшествия и работающих часто под давлением временного фактора и неблагоприятных погодных условий;

- получаем подробную карту места происшествия с максимальным количеством деталей, а не просто несколькими измеренными и записанными на месте происшествия следами. Затем переносим самый важный этап - анализ следов, в комфортные условия офиса;

- возможность создания архива данных по месту происшествия. Фотографии, сделанные для фотограмметрии, как в исходном виде так и преобразованные в программе, могут быть сохранены в архиве места происшествия, который позволит анализировать ранее незамеченные следы или сделать отсутствующие измерения позже, без необходимости посещения места происшествия;

- использование программы PHOTORECT позволяет значительно сократить количество людей, необходимых для участия в осмотре места происшествия. При традиционном нанесении размеров, как правило, требуется не менее двух человек. Фотографии для фотограмметрии может

успешно выполнять один человек, а необходимые в этой ситуации, измерения можно выполнить позже, в более благоприятных условиях;

- возможность производить оценку дальности освещения и видимости.

Кроме традиционного применения для измерения следов и составления эскизов места происшествия, на преобразованных в программе фотографиях можно легко определить положение границ света и тени, то есть диапазон искусственного или естественного освещения.

Введение и предварительная обработка фотографий

PHOTORECT дает возможность введения фотоизображения для выполнения преобразования в ортогональную проекцию двумя способами:

- открытие файла, содержащего изображение;
- работа с изображением, полученным со сканера.

При импорте программа распознает следующие графические форматы:

- Windows Bitmap (BMP, DIB, RLE);
- Формат обмена данными JPEG (JPG, JPEG, JPE, JFIF);
- Формат GIF (GIF);
- Формат Tagged Image (TIF, TIFF);
- Формат PNG (PNG).

После введения непосредственно в программу PHOTORECT, фотографии могут быть предварительно обработаны, что позволяет удалить возможные дефекты исходного изображения. В рамках этой обработки, программа может вращать фотографии или сделать их зеркальное отражение в горизонтальной или вертикальной плоскости.

Обязательным условием для определения параметров преобразования является указание на фотоизображении четырех точек соответствия, взаимные расстояния которых в действительности мы знаем. Точками соответствия могут быть характерные точки местности, специально нанесенные обозначения (например, мелом на дороге), и т. п.

Итоговое изображение можно сохранить в виде файла, чтобы использовать его в другой программе. Файлы сохраняются в формате JPEG. Дальнейшая обработка в другой программе (напр. Cyborg Idea PLAN или Idea V-SIM) может включать в себя:

- интегрирование нескольких ортофотоснимков в план местности занимающего большую площадь;
- выполнение измерений сложных геометрических форм и расстояний между объектами, расположенными на большом удалении друг от друга
- построение векторного плана места происшествия на подкладке с преобразованных изображений.

На рисунке 3.11 представлена модель, полученная с помощью CYBID PHOTORECT.

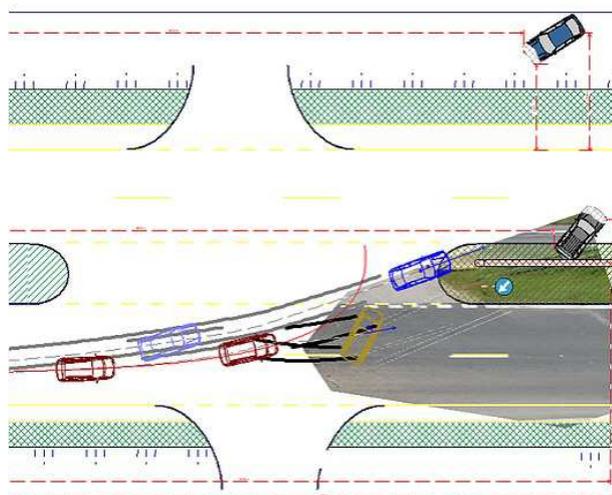


Рисунок 3.11 – Модель, полученная с помощью CYBID PHOTORECT

Кроме описанного выше традиционного применения ортофотоснимков для измерения следов и выполнения эскизов места происшествия, преобразованные в PHOTORECT фотографии могут быть использованы для оценки расстояния видимости.

На преобразованных изображениях можно легко определить расположение границы света и тени, то есть объем искусственного или естественного света на месте происшествия, что позволяет объективно определить расстояние видимости участников происшествия.

3.2.6 DroneDeploy

Приложение для iOS и Android.

В мобильном приложении можно спланировать маршрут и запустить дрон в полет по рассчитанному маршруту. Он автоматически сделает фото в нужных точках и под нужным ракурсом. После полета отснятые фото с SD-карты памяти необходимо загрузить на сервер DroneDeploy для обработки. После обработки фотопланы и 3D модели можно посмотреть как через мобильное приложение так и через браузер, а также отправить по почте с возможностью просмотра в браузере без специального ПО.

Мобильное приложение может работать в оффлайн режиме с предварительно сохраненным маршрутом и кэшированными картами Google Maps. В зависимости от необходимого разрешения фотоплана в приложении нужно установить высоту полета дрона. Чем выше разрешение, тем больше фотографий нужно сделать, и может получиться так, что для большой территории не хватит одного аккумулятора.

Для улучшения качества и точности планов на фотографируемой площадке можно установить на заранее известных точных координатах несколько ярких визуальных маркеров (например пластиковые дорожные конусы). Затем при обработке данных можно указать точные координаты этих маркеров. Также поддерживается RTK GPS – (точность 1-2 см).

Обработка фото для построения фотоплана происходит в процессе полета, и карта в приложении автоматически обновляется свежими фото с дрона.

На рисунке 3.12 представлена 3-D модель, полученная с помощью DroneDeploy.

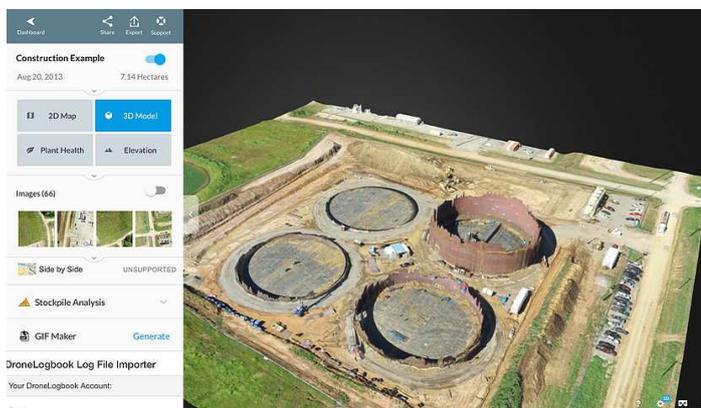


Рисунок 3.12 – 3-D модель, полученная с помощью DroneDeploy

На бесплатном плане с укороченным функционалом можно сделать до 5 карт в месяц (каждая из не более, чем 500 фото). Ограничение на разрешение карты 5 см на пиксель.

Также доступно несколько планов с ежемесячной подпиской на сервис и пробными 30 днями пользования на каждом. В самом дорогом за \$299 в месяц (+\$99 за дополнительного пользователя) вы получаете полный функционал, неограниченное количество карт с разрешением до 5 см на пиксель, до 3000 фото на карту, приоритетную обработку на сервере, свой логотип на выходных отчетах [28].

Результаты сравнения ПО для 3-D моделирования сведены в таблицу

Таблица 3.2 – Результаты сравнения ПО для 3-D моделирования

Параметры	Програмные продукты					
	Autodesk ReCap	Agisoft PhotoScan	Autodesk ReMake	Pix4d	PHOTORECT	DroneDeploy
Стоимость	30 \$ в месяц	От 180\$	От 33\$ в месяц	250\$ в месяц	50 \$	От 99 \$ в месяц
Наличие бесплатной версии	+	-	-	+	-	+
Точность, мм	1	2	1	2	50	50
Скорость обработки, фото в час	250	200	250	100	100	80

Для наглядности, данные из таблицы приведены на рисунках 3.13, 3.14.

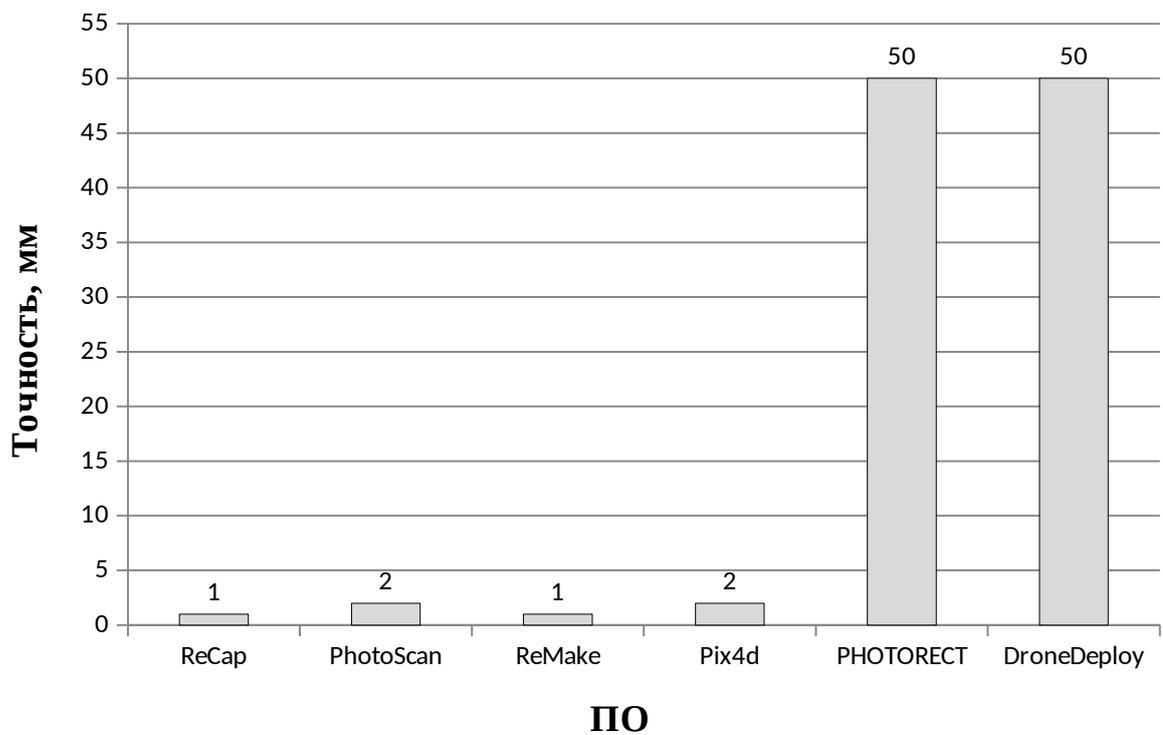


Рисунок 3.13 – Сравнение программ по точности воссозданной картины

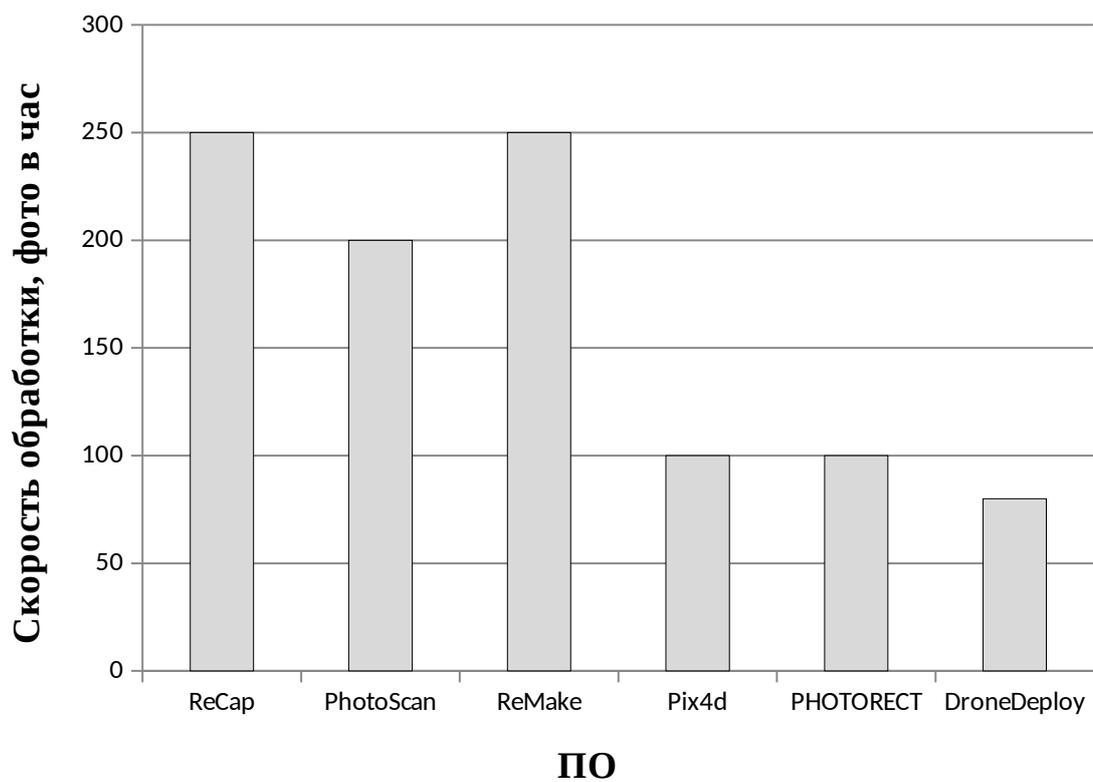


Рисунок 3.14 – Сравнение программ по скорости обработки данных

3.3 Требование к оборудованию БПЛА

Применение БПЛА обладает множеством преимуществ:

- рентабельность;
- надежность и простота конструкции;
- большая стабильность;
- компактность и маневренность
- возможность съемки объектов с различных высот;
- оперативность получения снимков высокого разрешения;
- возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов.

Также квадрокоптеры могут успешно применяться при проведении автотехнической экспертизы дорожно-транспортного происшествия, что позволит осуществлять съемку требуемого объекта с точек, позволяющих ускорить анализ и наиболее точно детализировать его причины и обстоятельства.

Осмотр места дорожно-транспортного происшествия может создавать неудобства для транспортного потока, могут возникать продолжительные заторы на дорогах и блокироваться отдельные дорожные направления и развязки. В связи с этим, повышается актуальность вопроса об использовании технических средств, которые позволят быстро зафиксировать обстановку места дорожно-транспортного происшествия. Также, это способствует скорейшему освобождению проезжей части дороги. По мнению специалистов, время для подобных действий сотрудниками дорожно-патрульной службы должно быть сокращено до 10-15 минут.

При анализе ДТП использование современного квадрокоптера позволяет:

- снизить время осмотра места совершения ДТП;
- наиболее эффективно и точно изучить обстановку совершения ДТП после эвакуации объектов с места происшествия по материалам, полученным с помощью качественной фото- и видео съемки;
- повысить результативность разрешения дел, связанных с дорожно-транспортными происшествиями.

3.3.1 Устройство и принцип работы квадрокоптера

Квадрокоптеры, в отличие от беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) вертолётного типа традиционной продольной схемы с несущим и рулевым винтами и аппаратов соосной схемы, обладают рядом достоинств, таких, как простота и надежность конструкции. Такие устройства

характеризуются малой взлетной массой, компактностью и высокой маневренностью. Центральная часть квадрокоптера — «фюзеляж» служит для размещения оборудования, нагрузки и аккумуляторов. Радиально от центра на балках устанавливаются микроэлектродвигатели с несущими винтами, образуя звездообразную компоновку всего аппарата. Такая симметричная компоновка, предполагает наличие передней и задней частей, относительно которых сориентировано направление.

Для изучения основных закономерностей движения квадрокоптера рассмотрим математическую модель, описывающую пространственное движение летающего робота. Квадрокоптер – это электромеханическая система, корпус которой можно моделировать твердым телом с шестью степенями свободы. Будем рассматривать движение корпуса робота в декартовой системе координат, связанной с землей $Oxyz$, тогда положение центра масс аппарата определяют координаты x, y, z , а ориентацию в пространстве задают углы Эйлера ψ, θ, φ (рисунок 3.15).

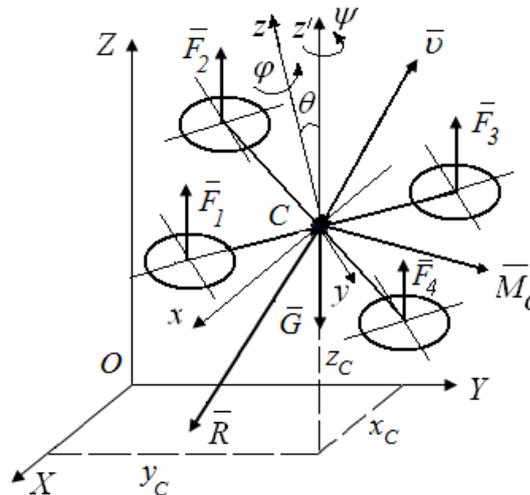


Рисунок 3.15 – Пространственная расчетная схема квадрокоптера

Каждый из двигателей создает силу тяги F_i ($i= 1,2,3,4$), величина которой регулируется изменением уровня напряжения на двигателях. В рассматриваемой конструкции векторы F_i имеют соответствующие проекции (F_{ix}, F_{iy}, F_{iz}) на систему координат связанную с корпусом. Правильная ориентация векторов F_i открывает широкие возможности для компенсации внешней ветровой нагрузки, действующей на корпус.

Квадрокоптеры имеют 2 или более винтов постоянного шага (автомата перекося, в отличие от одно- и двухвинтовых аппаратов, нет). Каждый винт приводится в движение собственным двигателем. Половина винтов вращается по часовой стрелке, половина – против, поэтому хвостовой винт квадрокоптеру не нужен. Маневрируют квадрокоптеры путём изменения скорости вращения винтов.

Например:

- ускорить все винты — подъём;

- ускорить винты с одной стороны и замедлить с другой — движение в сторону;

- ускорить винты, вращающиеся по часовой стрелке, и замедлить вращающиеся против — поворот. Команды, принятые приемником, поступают в полетный контроллер в виде широтно-импульсного сигнала. Здесь они с учетом текущей навигационной информации (получаемой в самом полетном контроллере от встроенных микросистемных гироскопов и акселерометров), а также с учетом сигналов с модуля GPS (опционально) преобразуются в широтно-импульсные сигналы управления двигателями, которые подаются на контроллеры частоты вращения двигателей (т.н. ESC – Engine Speed Control). Назначение модулей ESC – преобразование управляющих широтно-импульсных сигналов в синусоидальные трехфазные напряжения для обмоток бесколлекторных электродвигателей. Типичный источник питания для бортсети мультикоптеров – это батарея литий-полимерных аккумуляторов. Потребляемые токи – от единиц до сотен ампер в зависимости от размеров аппарата [30].

3.3.2 Внешний вид и технические характеристики

Подробно описывать внешний вид квадрокоптера не имеет смысла — намного интереснее будет разглядеть его на фотографиях ниже (рисунок 3.16). Опишем лишь некоторые детали, за образец взят DJI Phantom 3.

Первое, что стоит отметить — роботизированный подвес камеры, который также снабжён амортизаторами для устранения дрожания камеры (и картинки) при съёмке во время полета. Положением камеры можно управлять, но только по вертикали. Она оснащена сенсором с разрешением 12 Мп (снимки можно сохранять в формате RAW) и объективом с диафрагмой $f/2.8$ и широким углом обзора — 94 градуса. Максимальное разрешение видеозаписи составляет 2700 (2700x1500 пикселей). Одновременно с записью на карту памяти в камере роликов в этом разрешении, на смартфон транслируется потоковое видео в разрешении 720p (1280x720 пикселей), которое сохраняется в памяти мобильного устройства.

Сектор обзора камеры по горизонтали изменить нельзя, для этого необходимо разворачивать сам квадрокоптер.



Рисунок 3.16 – Внешний вид квадрокоптера

DJI Phantom 3 оснащён довольно массивными ножками. Они служат не только для удобного приземления, но и для защиты камеры от ударов в случае столкновения с другими предметами. Из пластика сделан и пульт управления, за исключением металлической скобы для его переноски, расположенной сзади. Основными элементами управления полётом являются два стика. Кроме них на пульте размещены два трёхпозиционных программируемых переключателя (в верхних углах), а также колёсико для управления камерой (под указательным пальцем левой руки) и рычажок для включения. На передней панели пульта находится светодиодный индикатор уровня заряда его собственного аккумулятора, а на боковой грани — разъём micro-USB для зарядки.

К металлической скобе на пульте крепится держатель для смартфона. Смартфон (англ. smartphone — умный телефон) — мобильный телефон, дополненный функциональностью карманного персонального компьютера. Квадрокоптер питается от съёмных литий-полимерных аккумуляторов. Несмотря на внушительную ёмкость одной батареи (68 Втч), она позволяет устройству летать не более 25 минут. Поскольку квадрокоптер обычно используются на улице вдали от розеток, а полная зарядка аккумулятора занимает около часа, для выполнения более продолжительных полётов стоит приобрести как минимум одну запасную батарею, а лучше — две.

3.3.3 Управление БПЛА

Квадрокоптер управляется с помощью двух «стиков» на пульте. Один из них отвечает за вертикальное перемещение и повороты вокруг собственной оси устройства, а другой — за перемещение в горизонтальной плоскости.

Трёхпозиционные переключатели отвечают за выбор режимов полёта, в которых используются разные способы для определения направления и стабилизации полёта. Режим, включённый по умолчанию, позволяет квадрокоптеру автоматически возвращаться домой при потере сигнала или при нажатии соответствующей кнопки на экране смартфона. Определение местоположения коптера и точки «дом» в этом режиме осуществляется при помощи GPS. Изначально на Phantom 3 установлено ограничение (для новичков) на дальность полёта — всего 30 метров. После того, как пользователь освоится с управлением квадрокоптером, дальность полёта можно увеличить до максимальной — она составляет 500 метров. Есть у аппарата подобное ограничение и на высоту полёта — 120 метров. Её в приложении можно увеличить до 500 метров. Если отправить квадрокоптер за разрешённые границы — он автоматически вернётся и приземлится около точки запуска. Тем не менее, стоит внимательно следить за уровнем заряда аккумулятора [31].

Выводы: методика построения предлагаемой модели основана на методах фотограмметрии и фототриангуляции. Эта методика позволяет, зная координаты точек, с которых сделаны снимки, определять координаты точек искомого объекта.

Была представлена методика преобразование координат из систем координат стереопары в систему координат объекта для идеального и нормального случаев съемки.

Проведен анализ программного обеспечения для 3-D моделирования и фотограмметрической обработки. Сравнены 6 продуктов, описаны их преимущества и недостатки. Предпочтение отдано программе Autodesk ReCap, так как оно наряду с Autodesk ReMake имеет наивысшие показатели точности воссозданной картины, скорости обработки данных, но по сравнению с ReMake у ReCap есть бесплатная версия.

4 Методика фиксации ДТП с использованием БПЛА

Предлагаемая методика фиксации ДТП подразумевает фиксацию картины аварии с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) – квадрокоптера, оснащенного камерой.

4.1 Практические рекомендации по внедрению метода фиксации на основе разработанной модели

Особенность фиксации места ДТП с помощью фото- и видеосъемки с БПЛА состоит в том, что появляется возможность использования новой “точки” опоры для съемки, позволяющей запечатлеть картину происшедшего события по вертикальному фронту – сверху вниз. Этот способ позволяет производить фиксацию с точки, находящейся над местом ДТП, и зафиксировать положения транспортных средств и их взаиморасположения, действия и положения участников ДТП, образовавшиеся следы, неподвижные ориентиры, что очень важно для получения объективного ответа на вопрос о механизме происхождения ДТП. Следует отметить, что использование БПЛА – весьма перспективно. Это обусловлено тем, что предоставляется возможность запечатлеть обстановку места совершения ДТП в плане, то есть получить видео- и фотоизображение, на котором наглядно видно расположение и взаиморасположение транспортных средств и других участников ДТП. В таком случае схема места происшествия, прилагаемая к протоколу осмотра места происшествия, будет дополнена наглядной и полноценной фототаблицей. Особенно это важно при проведении осмотра с большим количеством транспортных средств, участвовавших в ДТП на автомагистралях, в туннелях или в местах пересечений автомагистралей и железнодорожных путей сообщения. Кроме того, рассматриваемая возможность фото-, видеофиксации будет полезной в труднодоступных горных местах или других загруженных участках дорожной сети. Применяемый при этом прием фотосъемки можно назвать вертикальной фото-, видеосъемкой сверху вниз, либо фасадной фото-, видеосъемкой, либо фото-, видеосъемкой для получения изображений в плане [29].

Фиксация производится с определенной высоты, как минимум с двух точек.

Обязательным условием при фотографировании является привязка к местности. В качестве объекта привязки могут служить следующие неподвижные ориентиры: дерево, столб, стена здания, остановочный павильон и др. Многие современные фотоаппараты снабжены модулем GPS, позволяющим записывать координаты в данные EXIF сделанных ими фото.

По полученным фотограмметрическим снимкам с помощью методов фототриангуляции и 3-D моделирования можно получить объективную

схему дорожно-транспортного происшествия с высокой точностью и за относительно короткий промежуток времени.

Ниже на рисунке 4.1 представлен алгоритм фиксации обстоятельств ДТП с помощью предлагаемого метода.

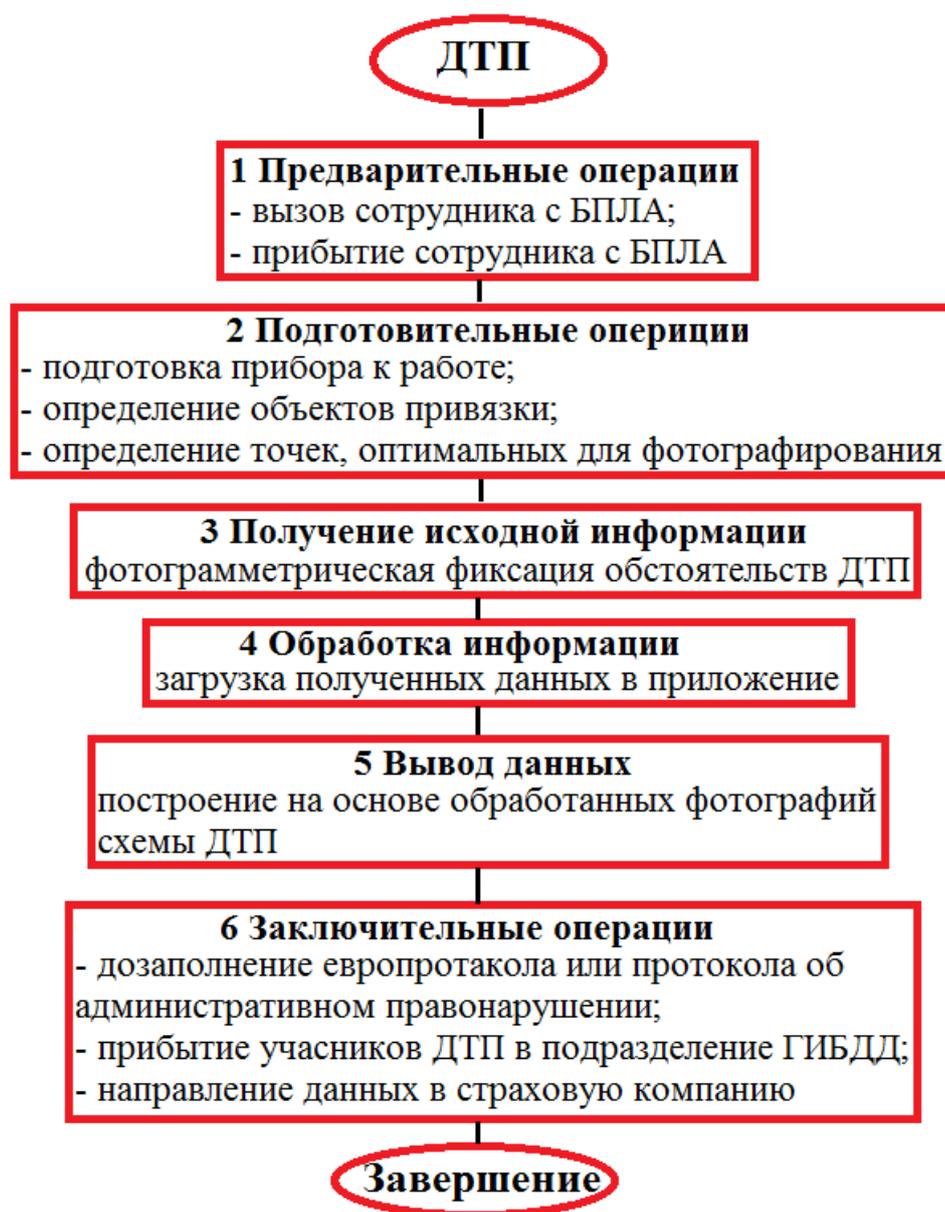


Рисунок 4.1 – Алгоритм фиксации обстоятельств ДТП с помощью предлагаемого метода

Приведенные на рисунке 1 операции можно разделить на 3 периода:

-дооперационный, в него входят такие подоперации, как вызов и прибытие сотрудника, управляющего БПЛА. Суммарное время, затрачиваемое на этот период составляет 20-30 минут;

- следующий период назовем операционным, это основной период предлагаемого метода, во время которого происходит сбор, обработка и вывод информации, к нему относятся группы операций под номерами 2-5. Суммарное время, затрачиваемое на операции этого периода составляет 15-20 мин;

- заключительный этап – это послеоперационный период, в него входят такие операции, как заполнение протоколов, отправка данных в страховую компанию для получения компенсационных выплат и др.

4.2 Регистрация БПЛА согласно требованиям Воздушного Кодекса РФ

Изначально предполагалось, что пилот будет проходить вот такую многоступенчатую процедуру получения:

- удостоверения летной годности;
- разрешения на эксплуатацию воздушного пространства Российской Федерации;
- документа, подтверждающего правомерность управления квадрокоптером или летательным аппаратом.

Однако, в настоящий момент действующим законодательством не предусмотрен порядок постановки на учет БВС с максимальной взлетной массой от 0,25 килограмма до 30 килограммов.

В части учета беспилотных воздушных судов (далее — БВС) в соответствии с пунктом 3.2 ВК РФ беспилотное воздушное судно с максимальной взлетной массой от 0,25 килограмма до 30 килограммов, ввезенные в Российскую Федерацию или произведенные в Российской Федерации, подлежат учету в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. Во исполнение данной нормы Минтранс России ведет разработку проекта постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Порядка учета беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлетной массой от 0,25 килограмма до 30 килограммов, ввезенных в Российскую Федерацию или произведенных в Российской Федерации» (далее – проект постановления; порядок) [32].

В настоящий момент действующим законодательством не предусмотрен порядок постановки на учет БВС с максимальной взлетной массой от 0,25 килограмма до 30 килограммов. В части регистрации беспилотных воздушных судов (далее – БВС) сообщаем, что во исполнение требований пункта 1 статьи 33 ВК РФ Минтранс России разработал приказ Минтранса России от 06.07.2017 N 255 «О внесении изменений в Административный регламент Федерального агентства воздушного транспорта предоставления государственной услуги по государственной регистрации гражданских воздушных судов и ведению Государственного реестра гражданских воздушных судов Российской Федерации, утвержденный приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 5 декабря 2013 г. N 457» (далее — приказ). Приказ предусматривает, что БВС с максимальной взлетной массой свыше 30 килограммов подлежат процедуре регистрации, установленной Административным регламентом Федерального агентства воздушного транспорта предоставления государственной услуги по государственной регистрации гражданских воздушных судов и ведению

Государственного реестра гражданских воздушных судов Российской Федерации, утвержденным приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 5 декабря 2013 г. № 457 (далее – Административный регламент). Проект приказа прошел соответствующие процедуры регистрации в Министерстве юстиции Российской Федерации, был опубликован на официальном интернет-портале правовой информации 5 сентября 2017 года и вступил в силу 16 сентября 2017 года [33,34].

4.3 Требования к точности при фиксации следов ДТП

Следы контакта ТС являются важным источником информации об обстоятельствах дорожно-транспортного происшествия, по которым можно восстановить не только процесс непосредственного взаимодействия автомобиля с другим транспортным средством либо иным препятствием, но и механизм дорожно-транспортного происшествия в целом [35].

Событие ДТП распадается на начальную, ряд промежуточных и конечную стадии. Хотя начальная стадия характеризуется не следовым взаимодействием, а только субъективными и объективными предпосылками происшествия, ее знание и учет весьма важны в анализе дальнейших событий. На последующих (промежуточных) стадиях возникают различные ситуации, характеризующиеся динамическим контактом транспортных средств, наездом на преграды, опрокидыванием и перемещением участвовавших в происшествии объектов (автомобилей, преград, людей). Именно в этих ситуациях происходит формирование большей части следов на транспортных средствах, дорожном покрытии, предметах окружающей обстановки. Заключительная стадия, как правило, лишена динамики. Ее характеризуют статическое взаимодействие транспортных средств, сместившихся в процессе дорожно-транспортного происшествия предметов, людей и дорожного покрытия и образование следов, фиксирующих конечную ситуацию, — местоположение и взаимное расположение объектов, вовлеченных в событие происшествия [36].

Следы (трассы), объемные и поверхностные, статические и динамические. При контактировании транспортных средств и других объектов в процессе ДТП вследствие различных по силе и направленности ударов возникают следы (трассы), которые различаются на объемные и поверхностные следы, статические (вмятины, пробоины) и динамические следы (царапины, разрезы). Комбинированные следы представляют собой вмятины, переходящие в следы скольжения (встречаются чаще), либо наоборот, следы скольжения, заканчивающиеся вмятиной.

В процессе следообразования возникают так называемые "парные следы", например, следу наслоения на одном из транспортных средств соответствует парный след отслоения на другом. Под следами контактирования транспортных средств понимают следы, образованные их выступающими частями – наружными элементами, наиболее часто

контактирующими с другими объектами: бамперы с клыками, буксирные петли, световые приборы, наружные зеркала заднего вида, а также выступающие детали крепежа, колеса (шины, диски, ступицы, колпаки) и т.п. Фиксирование парных следов и следов контактирования транспортных средств характеризуется высокой точностью.

Трассы на транспортном средстве содержат отображения макро- и микрорельефа, необходимые для того, чтобы идентифицировать транспортное средство, с которым произошло касательное столкновение, установить факт движения транспортных средств в момент удара при перекрестном столкновении, определить направление относительного перемещения транспортных средств при попутном столкновении. Трассы на деформированных нижних частях, контактировавших с дорогой, дают возможность определить направление движения транспортных средств после столкновения, уточнить столкновения с учетом расположения оставленных этими частями следов на месте происшествия. Наличие наслоения микрочастиц одного транспортного средства на другом транспортном средстве используются для установления факта их контактного взаимодействия. Отпечатки, наслоения лакокрасочного покрытия, резины, пластмассы позволяют идентифицировать слеодообразующий объект и установить, с какой частью транспортного средства произошел контакт.

Основной метод проведения транспортно-трасологической экспертизы базируется на том, что положение транспортных средств в момент удара определяется путем эксперимента по деформациям, возникшим в результате столкновения. Для этого поврежденные транспортные средства располагают как можно ближе друг к другу, стараясь при этом совместить участки, контактировавшие при ударе. Если это не удастся сделать, то транспортные средства располагают так, чтобы границы деформированных участков были расположены на одинаковых расстояниях друг от друга. Поскольку такой эксперимент провести довольно сложно, то вопрос решают графически, вычерчивая в масштабе транспортные средства, и, нанеся на них поврежденные зоны, определяют угол столкновения между условными продольными осями транспортных средств. Особенно хороший результат дает этот метод при экспертизе встречных столкновений, когда контактирующие участки транспортных средств в процессе удара не имеют относительного перемещения.

Для того, чтобы в результате транспортно-трасологической экспертизы были корректно выявлены причинно-следственные связи, повлекшие за собой дорожно-транспортное происшествие, необходимо с высокой точностью зафиксировать величину повреждений транспортных средств.

Информативность следов при встречном, попутном, перекрестном столкновении транспортных средств. В случаях аварий при обгоне по локализации повреждений можно судить о тех частях, которые первыми вступили в контакт. По глубине начала и окончания царапин и иных следов

можно определить угол, под которым произошло контактирование следообразующего и следовоспринимающего объектов.

Съемка ТС предлагается производить под углом с определенной высоты, при этом необходимо обязательно сфотографировать ДТП, когда объектив фотоаппарата направлен вертикально вниз (рисунок 4.2).

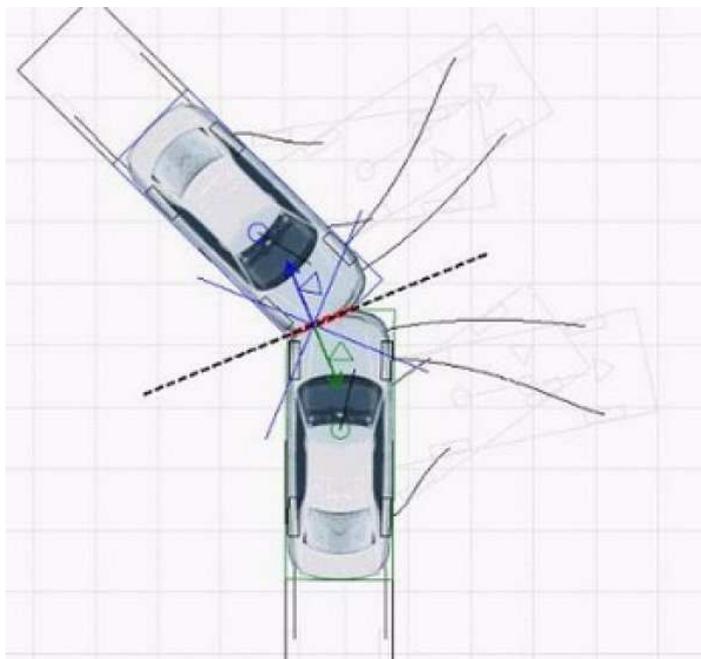


Рисунок 4.2 – Предлагаемая точка съемки транспортных средств, участвующих в дорожно-транспортном происшествии

Съемка транспортных средств сверху, как показано на рисунке 4 с нескольких позиций дает возможность более объективно определить поверхность и величину повреждений, это положительно сказывается на результате трасологической экспертизы, в том числе на определении силы удара транспортных средств, на определении скорости движения транспортных средств до столкновения, на выявлении виновного в ДТП водителя [37].

4.4 Эмпирическая оценка возможности использования предлагаемой методики фиксации обстоятельств ДТП

В качестве эксперимента было произведено моделирование дорожно-транспортного происшествия, а также съемка транспортных средств Toyota Vista и Ford Focus с высоты 4 метров с перекрытием 30 – 40 процентов. Результаты съемки приведены на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Результаты съемки смоделированного в ходе эксперимента дорожно-транспортного происшествия

В ходе эксперимента было сделано 14 снимков моделируемого ДТП с высоты 4 метров. Поперечное перекрытие фотоснимков составляет 30-40 процентов, что позволяет создать панорамную картину ДТП.

В качестве объектов привязки при данной моделируемой ситуации мы можем использовать столбы освещения, стоящие на расстоянии 4 и 5 метров от транспортных средств.

В ходе работы было определено, что минимальное количество фотоснимков, сделанных при ДТП, зависит от требуемой точности, угла съемки, а также от величины продольного перекрытия.

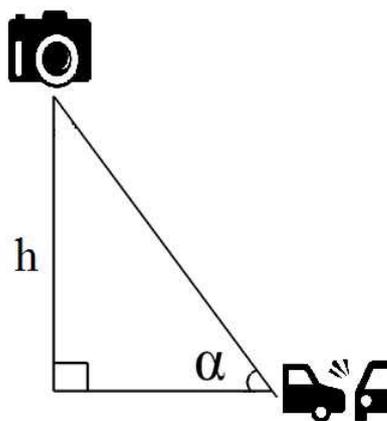


Рисунок 4.4 – Схематическое изображение угла α – угла между плоскостью земли и точкой фотофиксации

Для того чтобы получить качественную информацию и построить 3-D модель местности, необходимо провести съемку территории с перекрытием, т.е. снимать участок земли так часто, чтобы последующий снимок как-бы «перекрывал» предыдущий.

Продольное перекрытие (P_x) — это отношение площади, сфотографированной на двух соседних снимках, к площади, изображённой на каждом отдельном снимке, выраженное в процентах.

Схематическое изображение перекрытия приведено на рисунке 4.5.



Рисунок 4.5 – Продольное перекрытие фотоснимков

Зависимость минимального количества фотоснимков, угла фотофиксации и продольного перекрытия приведена в формуле 4.1.

$$N_{сн} = \cos \alpha * 360 / (100 - 2 * P_x) \quad (4.1)$$

Зависимость точности от величины продольного перекрытия снимков

Величина продольного перекрытия, %	Размер различимого элемента ТС, мм				
	50	25	10	5	1-2
5-10	X				
10-15		X			
20-25			X		
25-35				X	
35-50					X

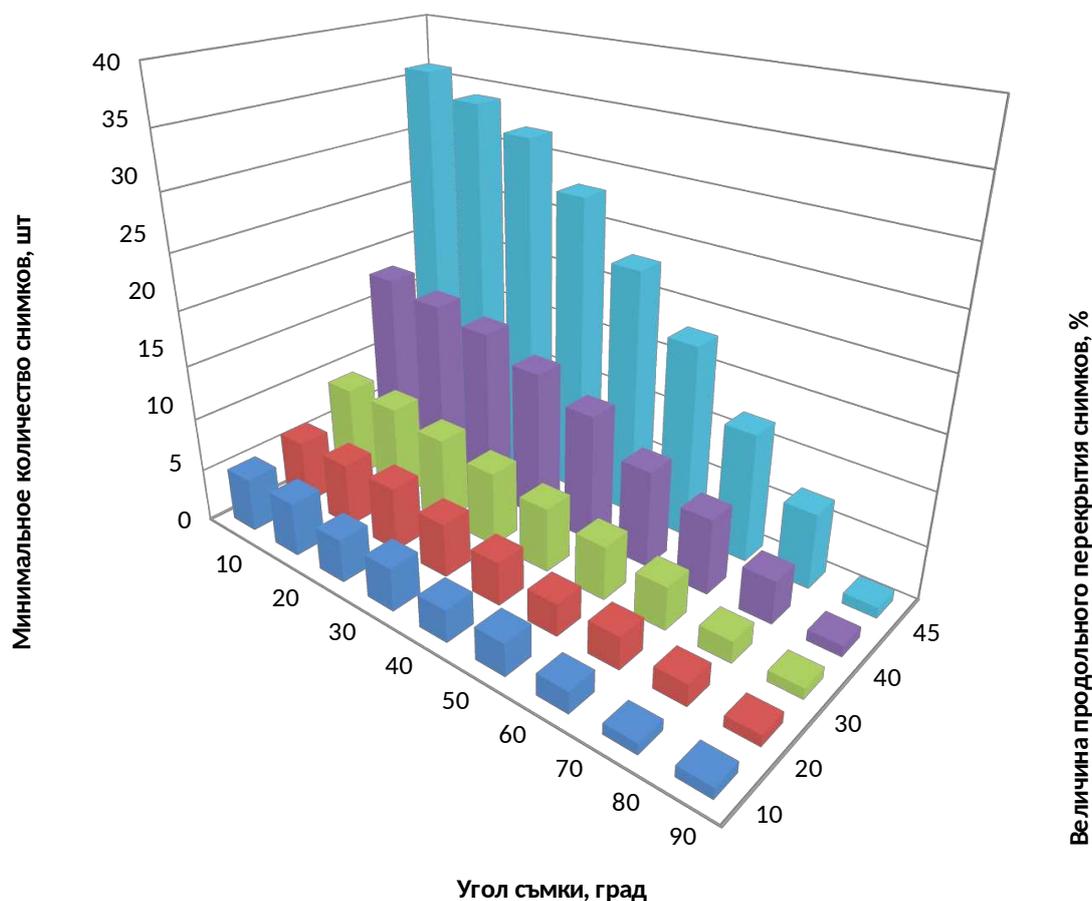
При требуемой точности 2 см, зная угол фотосъемки, можем по формуле (4.1) рассчитать минимальное количество аэроснимков.

$$N_{сн} = \cos 40 \cdot 360 / (100 - 2 \cdot 40) = 14$$

Зависимость минимального количества аэроснимков от величины угла съемки для значения продольного перекрытия 40% приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Зависимость минимального количества аэроснимков от величины угла съемки для значения продольного перекрытия 40%

Величина угла, град	Значение косинуса угла	Минимальное количество снимков
0	1	18
5	0,996	18
10	0,985	18
15	0,966	18
20	0,940	17
25	0,906	17
30	0,866	16
35	0,819	15
40	0,766	14
45	0,707	13
50	0,643	12
55	0,573	11
60	0,5	9
65	0,423	8
70	0,342	7
75	0,259	5
80	0,174	4
85	0,087	2
90	0	1



Стоит отметить, что под углом 90 градусов необходимо сделать как минимум 1 фото для большей объективности при фиксации обстоятельств ДТП. Рекомендуемый угол съмки составляет от 30 до 60 градусов.

При обработке данных, полученных в ходе эксперимента, была построена 3-D модель имитируемого дорожно-транспортного происшествия с помощью программы Autodesk ReCap Foto. Модель приведена на рисунке 4.6.

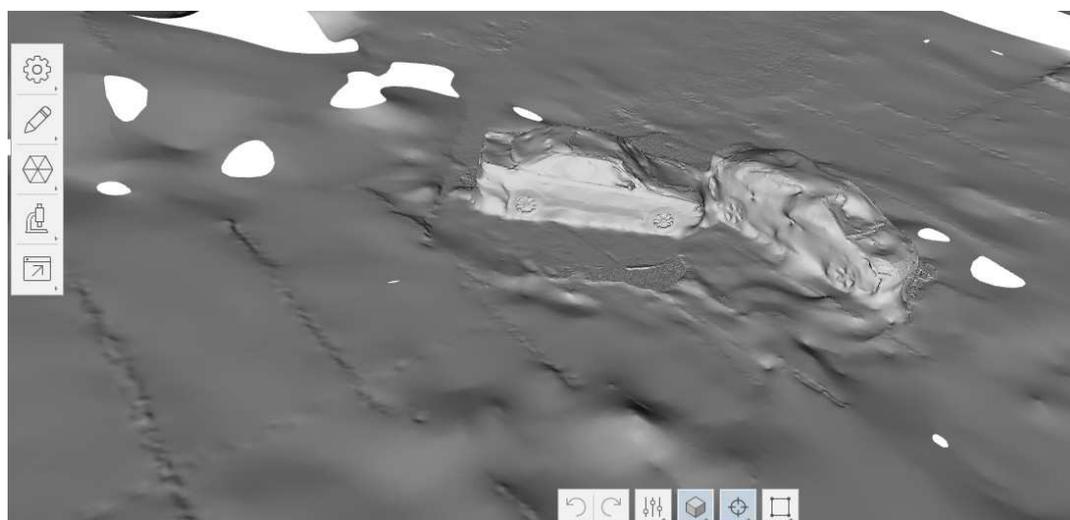


Рисунок 4.6 – Первоначальный вид имитируемого ДТП

На рисунке 4.7 приведена структура 3-D модели.



Рисунок 4.7 – Полигонная структура 3-D модели

Как видно на рисунке 4.7, при построении 3-D модели используется метод триангуляции. Программа ищет совпадения при перекрытии фотоснимков и реконструирует картину в виде совокупности треугольных полигонов.

В результате обработке данных получаем объемное панорамное изображение моделируемого ДТП, которое представлено на рисунке 4.8.





Рисунок 4.8 – Панорамное изображение моделируемого в ходе эксперимента ДТП.

Autodesk ReCap Foto имеет удобный пользовательский интерфейс. Управление положением просмотра модели происходит с помощью колесной мыши. Видовой куб также помогает управлять панорамой видовой куб приведен на рисунке 4.9. Этот виджет находится в правом верхнем углу окна просмотра и обеспечивает обратную связь и контроль за ориентацию 3D-сцены.



Рисунок 4.9 – Видовой куб

В ReCap Foto имеются фотограмметрические инструменты, при помощи которых можно измерить расстояние, угол, величину деформации ТС и тд, не используя полевые замеры (рисунок 4.10 – 4.12).

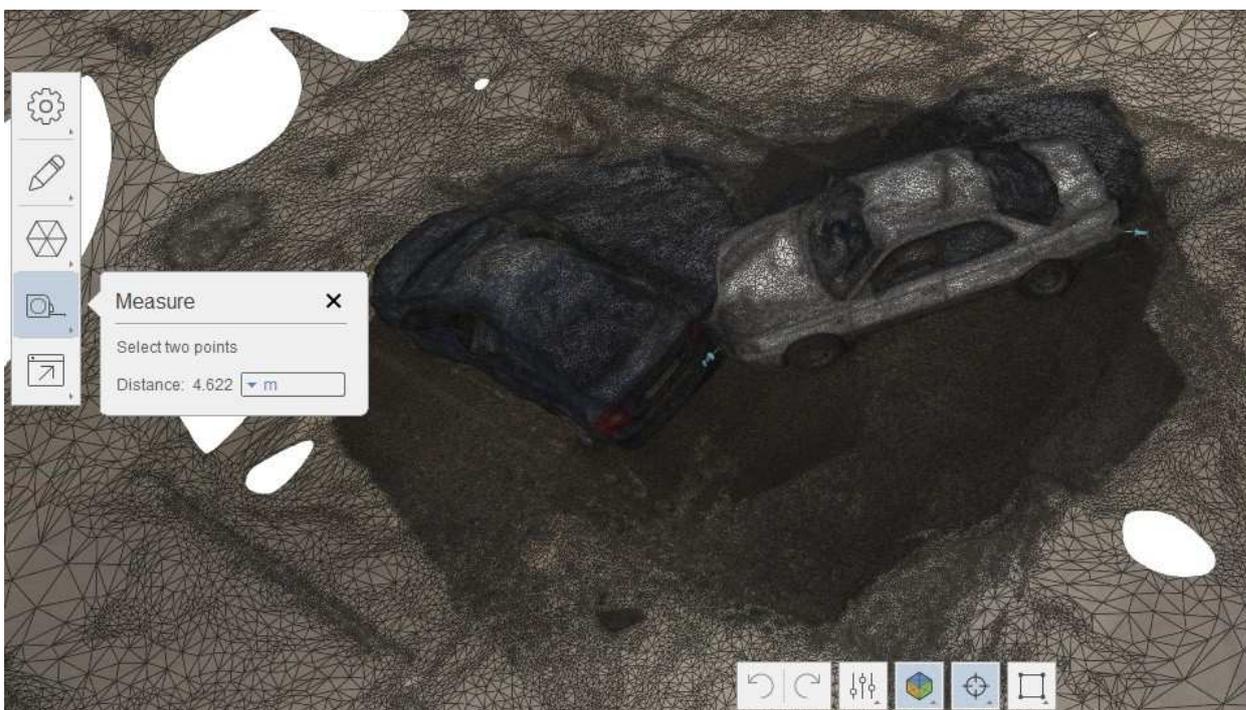


Рисунок 4.11 – Измерение длины ТС с помощью фотограмметрического инструмента на основе построенной 3-D модели

При помощи виртуальной рулетки была измерена длина Toyota Vista, которая составила 4,622 м. По паспортным данным длина транспортного средства составляет 4,625 м. Погрешность составила 3 мм. Для того, чтобы измерить расстояние необходимо в приложении увеличить изображение и поставить флажки начала и окончания измерения в начальную и конечную точки измеряемого объекта. Результат будет выведен специальном окне с точностью до 1 мм, что соответствует пределам необходимой погрешности для нашего эксперимента.

Также было измерено расстояние между двумя ТС, результаты приведены на рисунке 4.11.

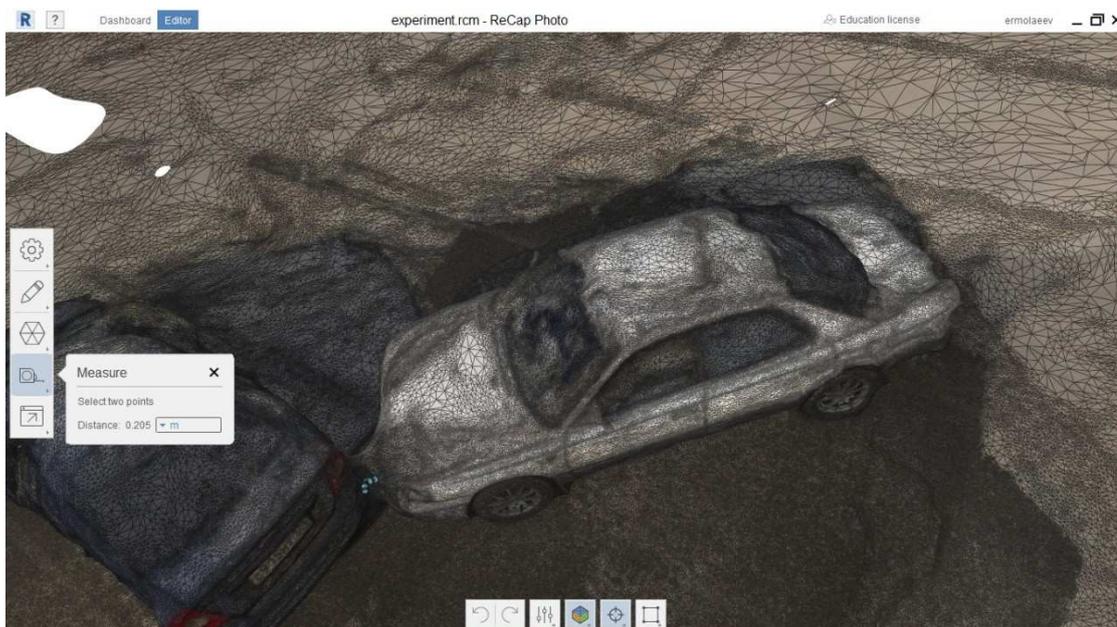


Рисунок 4.11 – Расстояние между двумя ТС

Расстояние между двумя ТС составило 205 мм, что соответствует замерам, проведенным вручную.

Моделируемое столкновение произошло под некоторым углом γ , который нам необходимо рассчитать.

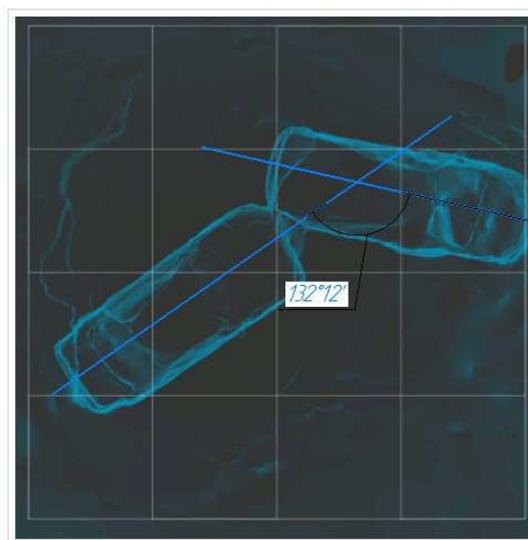


Рисунок 4.12 – Измерения угла между двумя ТС

Как видно на рисунке 4.12, на 3-D мы можем без труда и с высокой точностью измерить угол, под которым произошло столкновение, не проводя никаких полевых измерений вручную, что придаст большую точность реконструкции картины ДТП, а также сократит долю ручного труда, разгрузив инспекторов, проводящих замеры и снизит время простоя ТС на месте ДТП.

4.5 Преимущества предлагаемого метода фиксации ДТП

В ходе выполнения магистерской диссертации на тему «Совершенствование методов фиксирования обстоятельств ДТП» были выявлены потенциальные преимущества предлагаемого метода фиксации над существующим методом, которые основаны на:

- увеличении точности, с которой производится фиксация обстоятельств дорожно-транспортного происшествия;
- уменьшение временного ресурса, затрачиваемого на фиксационные мероприятия;
- разгрузка улично-дорожной сети, уменьшение заторовых ситуаций и так называемых «пробок» на УДС.

Увеличение точности фиксации последствий ДТП было достигнуто с помощью использования фотограмметрической методики фиксации. В ходе работы была достигнута возможность фиксировать следы ДТП точностью до 1 мм, что как минимум в 10 раз превосходит традиционный метод фиксации.

Объективность восприятия картины ДТП была увеличена с помощью использования квадрокоптера, оснащенного камерой, с помощью которого появилась возможность производить съемку с определенной высоты и под разными углами, возможности программного обеспечения для 3-D моделирования создавали при этом условия для панорамного видения картины ДТП. Также стало возможно производить съемку в труднодоступных и опасных местах.

Уменьшение времени, затрачиваемого на фиксацию обстоятельств дорожно-транспортного происшествия составило 57% с 1 часа 10 минут при традиционном ручном методе фиксации до 30 минут при использовании предлагаемой методики. Преимущество также наблюдается в том, что транспортные средства могут быть убраны с проезжей части сразу же после фотофиксации, что значительно разгрузит улично-дорожную сеть и уменьшит заторы, вызванные последствиями ДТП. Это в свою очередь положительным образом скажется на экономике государства, настроении и благосостоянии граждан.

Еще одним ощутимым преимуществом является тот факт, что разгружается лицо, оформляющее ДТП, минимизируется человеческий фактор, нередко играющий роль в процессе фиксации: недостаточные компетенции специалиста, проводящего замеры, случайное или преднамеренное игнорирование каких-либо деталей, усталость, недуг специалиста, а также негативное влияние погодных условий, таких как дождь, снег, темное время суток и тд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дорожно-транспортные происшествия занимают преобладающее место в перечне факторов, обуславливающих уровень травматизма и гибели людей, значительных материальных затрат в разного рода ситуациях, связанных с несчастными случаями.

Изучение статистических данных показало что несовершенство системы сбора и обработки данных о ДТП не позволяет в полной мере реконструировать картину происшествия. Отсутствие данных в протоколе осмотра места происшествия из-за кажущейся на первый взгляд их незначительности, которые и составляют фактическую базу при реконструкции полной картины происшествия, существенно снижают вероятность формирования достоверных и обоснованных выводов.

В ходе выполнения магистерской диссертации были определены требования к оборудованию для оперативной фиксации обстоятельств ДТП, определены параметры входных и выходных данных, требования к точности. На их основе была построена математическая модель, которая легла в основу предлагаемого метода фиксации обстоятельств ДТП.

Был проведен эксперимент в ходе которого смоделировано дорожно-транспортное происшествие с участием двух автомобилей. Была произведена фотофиксация с помощью квадрокоптера с высоты четырех метров, с продольным наложением фотоснимков 30-40 %, под углом 40 градусов. Полученные фотоизображения загружены в приложение Autodesk ReCap Foto, с помощью которого была реконструирована 3-D картина ДТП. По данной модели в ходе работы были найдены расстояние между автомобилями, угол под которым произошло столкновение, а также для проверки точности определена длина транспортного средства Toyota Vista, погрешность составила 3 мм.

Были даны практические рекомендации по использованию предлагаемого метода фиксации.

Были выявлены потенциальные преимущества предлагаемого метода фиксации над существующим методом, которые основаны на:

- увеличении точности, с которой производится фиксация обстоятельств дорожно-транспортного происшествия на в 10 раз по сравнению с традиционным методом, точность предлагаемого метода составляет 1 мм;

- уменьшение временного ресурса, затрачиваемого на фиксационные мероприятия на 57 % от 1 часа 10 минут при традиционном методе до 30 минут при предлагаемом методе фиксации обстоятельств ДТП;

- разгрузка улично-дорожной сети, уменьшение заторовых ситуаций и так называемых «пробок» на УДС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГИБДД [Электронный ресурс]: Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru>;
- 2 Блинкин, М.Я. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институции / М.Я. Блинкин. — М.: ИД ВШЭ, 2013. — 240 с.;
- 3 Зотов Б.Л. Автотехническая экспертиза при расследовании автодорожных происшествий / Б.Л. Зотов. - М.: Госюриздат, 2012. - 178 с.
- 4 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 04.12.2018) "О Правилах дорожного движения" – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/;
- 5 Разумов Э.А., Молибога Н.П. Осмотр места происшествия / Э.А. Разумов, Н.П. Молибога. - К., 2014. – 120 с.;
- 6 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: "Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях" от 30.12.2001 N 195-ФЗ (ред. от 17.06.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2019) " – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/;
- 7 Лисов Н.Н. Криминалистическое учение о фиксации доказательственной информации в деятельности по выявлению и раскрытию преступлений . автореф. дис. д.ю.н. / Н.Н. Лисов.-М., 1995.- 56 с.;
- 8 Селиванов НА., Дворкин А.И, Завидов Б.Д. и др. Расследование дорожно- транспортных происшествий : справ.-метод, пособие ; под ред. В.А. Алферова и Федорова В.А. - М., 20012. - С. 50 - 52.;
- 9 Белкин Р.С. Курс криминалистики. В 3 т. Т. 2: Частные криминалистические теории / Р.С. Белкин. - М., 2007. – 117 с.;
- 10 Басалаев А.Н. Фиксация результатов осмотра места происшествия : автореф. дисс.-.к.ю.н. / А.Н. Басалаев. - Л., 2012. – 70 с.;
- 11 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: Приказ МВД России от 23.08.2017 N 664 (ред. от 21.12.2017) "Об утверждении Административного регламента исполнения Министерством внутренних дел Российской Федерации государственной функции по осуществлению федерального государственного надзора за соблюдением участниками дорожного движения требований законодательства Российской Федерации в области безопасности дорожного движения" (Зарегистрировано в Минюсте России 06.10.2017 N 48459) – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_280037/;
- 12 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 25.04.2002 N 40-ФЗ (ред. от 01.05.2019) "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.06.2019) – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_280055/;

- 13 Бобир Н.Я., Лобанов А.Н. Федорук Г.Д. Фоторамметрия / Н.Я. Бобир, А.Н. Лобанов. Г.Д. Федорук. - М., 2014. - С. 5-6;
- 14 Криминалистическая фотография: Курс лекций: В 2 ч. Ч. 1. Основы криминалистической фотографии. Фотографирование на месте происшествия и при производстве других следственных действий. - Волгоград, 2004. - С. 14-15;
- 15 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: "Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации" от 18.12.2001 N 174-ФЗ (ред. от 01.04.2019, с изм. от 13.06.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 12.04.2019) – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34481/;
- 16 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: "Конституция Российской Федерации" (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ) – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/;
- 17 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: Федеральный закон "Об оперативно-розыскной деятельности" от 12.08.1995 N 144-ФЗ – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7519/;
- 18 Карпеева Л.М., Мусиенко А.И. Применение средств фотофиксации при ДТП / Л.М. Капнеева, А.И. Мусиенко // – М., 2011. – С. 45-60.;
- 19 Илазонов Д.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для вузов / Д.А. Илазонов. - М.: Транспорт, 2014. – 225 с.;
- 20 Душена С.В., Егоров А.Г., Зайцев В.В., Хрусталеv В.Н. Криминалистическая фотография : учебник ; под. ред. проф. А.Г. Егорова. - Саратов, 2003. - С. 175 — 188;
- 21 Шамаев А. А. Применение фотограмметрических методов фиксации обстоятельств ДТП / А. А. Шамаев. – Москва: Эксперт-криминалист, 2016. – 130 с.;
- 22 Домке Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебное пособие / Э.Р. Домке.- Пенза: Изд. ПГУАС, 2005. – 154 с.;
- 23 Демидова Т.В., Беляева М.И. Применение фотофиксации следов при осмотре места дорожно-транспортного происшествия / Т.В. Демидова, М.И. Беляева. – Москва: Эксперт-криминалист, 2015. – 150 с.;
- 24 Сафонов, А.А., Колотушкин С.М., Кочубей А.В. Компьютерные технологии в криминалистической фотографии: теоретические и прикладные вопросы : учеб, пособие / А.А. Сафонов, С.М. Колотушкин, А.В. Кочубей. - Волгоград, 2005. - С. 44;
- 25 Котов, Р.А. Методы 3-D сканирования на транспорте / Р.А. Котов, Б.А. Семенихин // Будущие науки – 2015 – С.314-318;

26 Антипов, И.Т. Математические основы пространственной аналитической фототриангуляции / И.Т. Антипов. - М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2013. - 296 с.;

27 Краснопевцев, Б. В. Прикладная фотограмметрия / Б. В. Краснопевцев. – М.: МИИГАиК, 2012. – 77 с.;

28 Лэтчфорд Е. У. Обзор программ для 3-D моделирования [Электронный ресурс] // Фотограмметрия. - Режим доступа: <http://fotogrammetry.ru/memo/3dd.htm> (дата обращения: 20.06.2019);

29 Чалкин Н.И., Пушнов А.В., Чубченко А.А. Осмотр, фиксация и моделирование механизма образования внешних повреждений автомобилей с использованием их масштабных изображений с БПЛА: учебное пособие / Н.И. Чалкин, А.В. Пушнов, А.А. Чубченко. - М., 2015. - 95 с.;

30 Зайцев А.А. Беспилотные ЛА зарубежных стран / А.А. Зайцев. – М.: Армейский сборник, 2015. . – 94 с.;

31 Беспилотные системы официальный сайт фирмы ОАО ZALA AERO GROUP [Электронный ресурс]. – Режим доступа. - URL: <http://zala.aero>;

32 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: "Воздушный кодекс Российской Федерации" от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред 31.12.2017) – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7529/;

33 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: Приказ Минтранса России от 06.12.2016 N 373 "О внесении изменений в Административный регламент Федерального агентства воздушного транспорта предоставления государственной услуги по выдаче разрешений в случаях, установленных законодательством Российской Федерации, на выполнение международных полетов из аэропортов, с аэродромов Российской Федерации, не открытых Правительством Российской Федерации для международных полетов, утвержденный приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 26 июля 2012 г. N 271" (Зарегистрировано в Минюсте России 27.12.2016 N 44984) – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_209807/;

34 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: Приказ Минтранса России от 05.12.2013 N 457 (ред. от 07.12.2017) "Об утверждении Административного регламента Федерального агентства воздушного транспорта предоставления государственной услуги по государственной регистрации гражданских воздушных судов и ведению Государственного реестра гражданских воздушных судов Российской Федерации" (Зарегистрировано в Минюсте России 13.03.2014 N 31590) – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_160330/;

35 Селиванов Н.А. Расследование дорожно-транспортных происшествий / Н.А. Селиванов : справ.-метод, пособие ; под ред. В.А. Алфорова и Федорова В.А. - М., 2016. - С. 50 - 52.;

36 Лисов Н.Н. Криминалистическое учение о фиксации доказательственной информации в деятельности по выявлению и раскрытию преступлений. автореф. дис..д.ю.н. / Н.Н. Лисов.-М., 2015.- С. 31.;

37 Карпеева Л.М., Мусиенко А.И. Доказательственное значение материалов, полученных в результате применения средств фотофиксации, киносъемки, видео- и звукозаписи / Л.М. Карпеева, А.И. Мусиенко // Российская юстиция. – М., 2011. – С. 40-50.;

38 СТО 4.2–07–2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. – Введен впервые: дата введения – 16.11.2010. – 60 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

И.М. Блянкинштейн

« ____ » _____ 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Совершенствование системы фиксирования обстоятельств дорожно-транспортных происшествий»

23.04.01 «Технология транспортных процессов»

23.04.01.01 «Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте»

Научный руководитель *25.06.19. [подпись]* доцент, канд. техн. наук Е.С. Воеводин

Выпускник *25.06.2019 [подпись]* Н.А. Ермолаев

Рецензент *[подпись]* - зам. рук. МКУ «КрасноярскГорТранс» М.В. Силкин

Красноярск 2019