

Б.Н. Родионов, д.т.н., профессор, кафедра аэрофотогеодезии, ГУЗ

ВЕХИ ПРОГРЕССА К СТОЛЕТИЮ АФА-ПОТТЕ И СЕМИДЕСЯТИЛЕТИЮ АЩАФА-СЕМЕНОВА

В истории аэросъемки имеются две вехи, отмечающие переход технологии интерпретации изображений земной поверхности на новые ступени развития. Первая – это изобретение в 1903 [1] году подполковником русской армии Владимиром Филипповичем Потте первого в мировой практике полуавтоматического аэрофотоаппарата с рулонной пленкой для покадровых съемок с самолета. Вторая – изобретение в 1936 году военным инженером РККА Виталием Семеновичем Семеновым первого в мировой практике щелевого аэрофотоаппарата. При всем конструктивном несходстве этих изобретений они основаны на общем принципе динамичности процесса съемки.

АЭРОФОТОАППАРАТ ДЛЯ ПОКАДРОВОЙ И ПЛОЩАДНОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ СИСТЕМЫ ВЛАДИМИРА ФИЛИППОВИЧА ПОТТЕ [13]

Если в установленном на самолете фотоаппарате открыть затвор объектива, снять кассету и положить на кадровое окно матовое стекло, то можно в полете наблюдать движение оптического изображения. Поставим на место кассету с рулонной фотопленкой, закроем затвор, открывая его на короткие промежутки времени, экспонируя фотопленку, а в интервалах времени между экспозициями станем перематывать пленку на длину кадрового окна. Получим один за другим снимки бегущей под самолетом местности. Если подобрать соответствующий интервал между экспозициями, то изображения этих участков получатся с перекрытием и образуют целую полосу – маршрут. Так работают все фотоаппараты, выполняющие покадровую съемку, родоначальником которых является АФА-Потте (рис. 1)

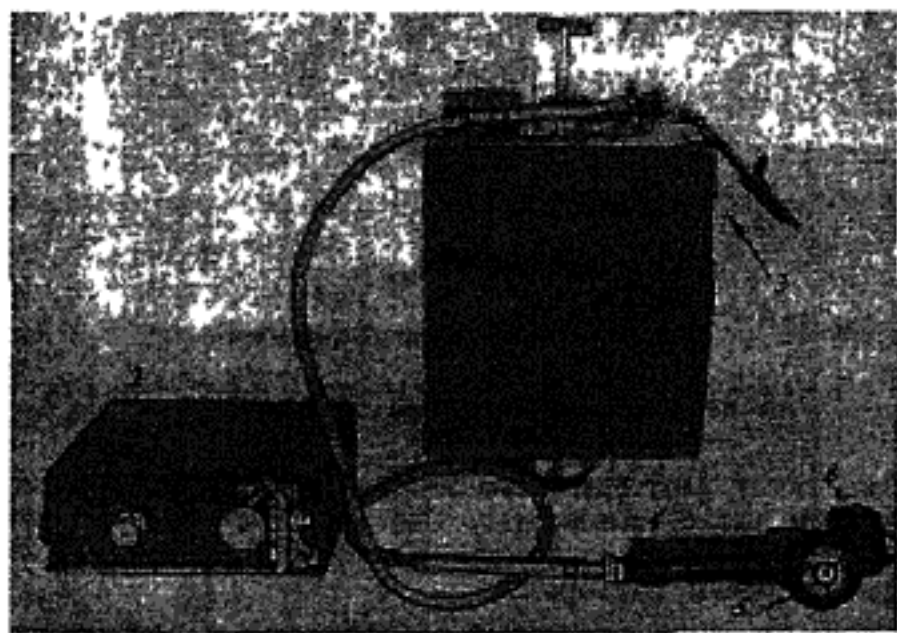


Рис. 1 Аэрофотоаппарат Потте

Наложив соседние снимки друг на друга и совместив одинаковые точки изображения на перекрытиях (рис 2), мы геометрически свяжем их. Положив соседние снимки под стереоскоп, увидим стереоскопическую объемную модель местности. Выполняя полет по параллельным маршрутам, прокладывая их на таком расстоянии друг от друга, при котором снимки соседних маршрутов частично перекрываются, полу-

чим массив снимков, геометрически связанных в одно целое (рис. 3).

Именно в этом состоит фундаментальный вклад, который внес в аэросъемку и фотограмметрию русский изобретатель Владимир Потте, создав свой аэрофотоаппарат

Владимир Филиппович Потте родился в 1866 г. в семье военного топографа. В 1886 г. окончил пехотное училище. К этому времени относится начало его работ по созданию пленочного фотоаппарата. Первый его фотоаппарат был применен для определения дистанций и отклонений снарядов при стрельбе морской артиллерии. Последующие модификации этого фотоаппарата привели автора к созданию знаменитого АФА-Потте.

В то время существовали аэрофотоаппараты русских изобретателей Р. Тилле и С. Ульянина и фотоаппараты зарубежных фирм. Но они делали одиночные снимки на стеклянные пластинки или на разрезанную на куски фотопленку и были непригодны для съемки маршрутов и тем более площадей. Поэтому аэрофотоснимки, получаемые такими АФА, годились для изготовления планов только локальных территорий и требовали геодезической привязки каждого снимка. Снимки пленочными АФА-Потте давали упорядоченные массивы перекрывающихся снимков, что было толчком для развития принципиально новых методов фотограмметрии – построения фотограмметрических сетей. Сети являются основой технологий создания топографических планов по аэроснимкам и в десятки раз сокращают необходимость наземной геодезической опоры, убыстряя и удешевляя работы.

Аэрофотоаппараты с рулонной фотопленкой, пригодные для съемки маршрутов, появились за рубежом лишь в двадцатых годах.

АФА-Потте сыграли выдающуюся роль в деле военной авиационной разведки. Участник 1-й мировой войны генерал-лейтенант в отставке Г.Ф. Гапочка в историческом очерке «Фотографирование с аэропланов» [4] приводит документальные сведения о военном применении аэрофотоаппаратов Потте:

«...летом 1911 г. на Гатчинском аэродроме испытывался фотоаппарат подполковника Потте, давший возможность производить непрерывное фотографирование на ленте, подобно кинематографической».



Рис 2 Накладной монтаж фотоснимков маршрутной съемки с орбитальной станции «Салют» Исполнитель инженер-испытатель В И Пацаев, научный руководитель Б Н Родионов технический руководитель Б С Дунаев



Рис 3 Накладной монтаж фотоснимков площади Штурман-аэросъемщик Н М Саранцев

«Опытный образец фотоаппарата Потте был признан инженерным комитетом более пригодным, чем другие фотоаппараты, и было решено вооружить им авиационные части»

«Во время войны в авиационные части начали поступать АФА-Потте, и они постепенно вытеснили фотоаппараты Ульянина»

«В декабре 1914 г на одном из самолетов 22 кор-

пусного авиаотряда был установлен фотоаппарат Потте со специальной задачей снять маршрутно позиции немцев от Атербурга до Дархемена. Полученные фотоаппаратом Потте фотоснимки оказались весьма удовлетворительно-го качества».

«Удачно действовали в начале 1915 г. «Илья Муромцы». В течение 15–25 февраля 1915 г. «Илья Муромец» произвел три боевых полета с целью разведки, а также разрушения железнодорожной станции «Вилленбург». Во время этих полетов был произведен ряд удачных фотографических снимков фотоаппаратом Потте. Наибольшая высота съемки 3200 метров, наибольшая продолжительность полета была 3 часа 10 минут. Полеты показали крупные преимущества «Илья Муромца», так как была достигнута большая меткость попадания бомб и получены хорошие снимки. 15 марта «Илья Муромец» произвел фотографирование батарей района Прасныша. Снимки расположения батарей противника были признаны войсками очень ценными и принесли существенную пользу».

Г.И. Катывшев и В.Р. Михеев в книге «Крылья Сикорского» [6] приводят следующие сведения.

«Для получения точных и достоверных данных по результатам бомбометания, а также исключения субъективности при визуальной разведке на «Муромцах» устанавливались лучшие в то время в мире фотоаппараты системы офицера русской армии В.Ф. Потте, позволявшие получать в автоматическом режиме до 50 снимков отличного качества. По эскадре был объявлен приказ, по которому каждое донесение, в особенности результаты бомбометания, должны сопровождаться фотоснимками. На них фиксировались также дата и время суток в момент съемки, высота полета и наименование корабля. На каждом самолете был штатный фотограф (по современной терминологии фотобортоператор) – один из членов экипажа, а в отряде – лаборант».

Далее из [4]: «С 15 апреля 1915 г. приступили к фотографической съемке позиций противника аппаратами Потте во 2-й армии. Полученные снимки оказались весьма удовлетворительными».

«С 1916 г. в табель имущества для авиаотрядов введены в каждый четыре аппарата Потте, так как опыт боевой работы подтвердил пригодность аппаратов этой системы».

Из телеграммы Ставки: «Аэрофотоаппаратами Потте авиатив будет снабжать по мере изготовления. Французские фотоаппараты по качествам значительно ниже Потте, поэтому нет необходимости снабжать ими отряды».

В.Ф. Потте принимал активное участие в обеспечении авиационных подразделений аэрофотоаппаратами его конструкции. Интересна докладная записка, поступившая в Военное министерство в феврале 1916 г. от подполковника 1-го кадетского корпуса Потте: «Для достижения лучших результатов от применения автоматических фотоаппаратов моей системы прошу командировать меня и моего помощника ратника 1-й авиационной роты Виктора Потте в некоторые авиационные отряды для расширения личного опыта и разрешения на местах встречающихся затруднений. Прошу назначить меня наблюдателем за изготовлением

аппаратов». Просьба была удовлетворена [4]. Таким образом, АФА Потте были достоянием не только изобретателя, но и его семьи.

«25 июля 1916 г. был учрежден аэрофотографический парк (АФП), командиром которого уже в чине полковника был назначен В.Ф. Потте. Парк предназначался для развития аэрофотослужбы, которая заняла к тому времени важное место в разведке. Парк представлял собой научную и производственную организацию. В его работе участвовали видные ученые П.П. Соколов, В.Н. Найденов, В.И. Срезневский и другие специалисты аэрофотосъемки и фотограмметрии». В Парке активно развивались работы по созданию новых конструкций аэрофотоаппаратов и фотограммприборов.

Работы парка оборвались в революцию. Впоследствии часть сотрудников продолжила работу в советских научных организациях. Судьба же самого полковника Владимира Филипповича Потте и его семьи не известна. Нам не удалось обнаружить о нем архивных материалов.

АФА-Потте применялись в отечественных ВВС до тридцатых годов, когда были заменены их автоматическим аналогом АФА-ИМ. Последние широко применялись в Великую Отечественную войну и не потеряли значения и по сию пору. Космические снимки, помещенные на рис.2, выполнены фотоаппаратом БАФ-20, съемочные параметры которого тождественны параметрам АФА-Потте.

Конструкция АФА-Потте наиболее полно описана в [5]. Сейчас, спустя 100 лет, вызывают восхищение остроумные технические решения, которые автор применил для обеспечения стабильности циклов работы механизмов. Детали механизма размещены внутри корпуса в минимальном конструкционном пространстве, задаваемом форматом снимка 13x18 см.

АФА-Потте явились прототипом всех последующих систем аэрофотоаппаратов, выполняющих покадровую маршрутную и площадную съемку.

ЩЕЛОВОЙ АЭРОФОТОАППАРАТ ДЛЯ МАРШРУТНОЙ И СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ КОНСТРУКЦИИ ВИТАЛИЯ СЕМЕНОВИЧА СЕМЕНОВА [7]



Изобретатель
щеловой аэросъемки
Виталий Семенович
Семенов

Конструкторский гений Виталия Семеновича Семенова подсказал ему совершенно оригинальное решение проблемы получения изображений местности с летящего самолета на основе динамичности полета. Он изобрел аэрофотоаппарат, в котором фотопленка экспонируется через узкую щель, расположенную в фокальной плоскости объектива, мимо щели она перемещается со скоростью движения оптического изображения [7].

Принцип щелевой аэрофотосъемки поясняет схема [9], выполненная самим автором изобретателем применительно к самолету Ил-2 (рис.4). На рис.5 показана фотография серийного аэрофотоаппарата АЩАФА-2, изготовленного на заводе № 393. В аппарате имеются два оптических канала с фокусными расстояниями объективов 70 и 200 мм. Первый предназначен для обзорной съемки, второй для более узкого захвата, но с повышенной детальностью. Имеются два рулона фотопленки и пленкопротяжных механизма. Возможны режимы съемки одновременно двумя каналами, одним из каналов по выбору и стереоскопическая съемка. Последняя осуществляется каналом с фокусом объектива 200 мм. В поле зрения этого объектива имеются две щели: одна расположена в центре поля, а вторая на краю поля параллельно центральной. С помощью заслонки короткофокусный канал перекрывается, а соответствующая ему пленка экспонируется через боковую щель длиннофокусного канала. Когда работает первый канал, эту щель перекрывают заслонкой. В результате стереосъемки получают два фильма, совместное рассматривание которых под стереоскопом дает объемную картину местности.

Синхронизацию скорости протяжки фотопленки и скорости оптического изображения в каналах АЩАФА-2 обеспечивал бортоператор, который в трубувизир наблюдал местность и движущиеся механические

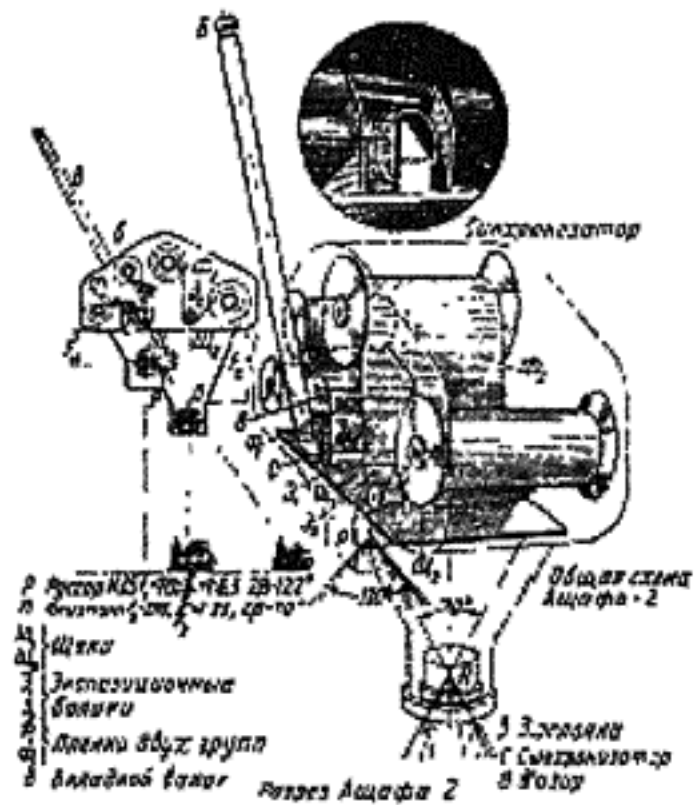


Рис. 4. Схема щелевой съемки АЩАФА-2

метки пленкопротяжного механизма. Оператор регулировал работу последнего, добиваясь синхронности движения меток и изображения. «Щелевое воздушное фотографирование, изобретенное В.С. Семеновым, принадлежит к числу наиболее оригинальных и многообещающих методов аэрокосмических съемок. Именно оно положило начало развитию съемочных устройств, целиком построенных на динамизме процесса наблюдений, к каковым относятся сканеры и РЛС бокового обзора. Примечательно, что идея последних также была выдвинута В.С. Семеновым» [8].

А.И. Шершень в [2] сообщает: «Этот вид аэрофотосъемки сыграл положительную роль в военной аэрофоторазведке, сначала во время советско-финской войны в 1939–1940 годы, а затем в период Великой Отечественной войны. В 1943 г. этот метод был заимствован американцами и широко использовался ВВС США». Так, например, по данным К.П. Баранова, в 1954 г. в ВВС США применялись щелевые фотоаппараты трех модификаций: S-7, S-7A, S-11 [12].

В Государственном архиве Вооруженных Сил хранятся документы о В.С. Семенове. Ниже следуют некоторые выдержки из этих документов.

Виталий Семенович Семенов родился 5 октября 1898 г. в Санкт-Петербурге. В 1916 г. с золотой медалью окончил гимназию. В 1925 г. окончил Ленинградский Институт Путей Сообщения по Воздушному факультету. В 1925–1931 гг. работал на аэросъемке г. Ле-

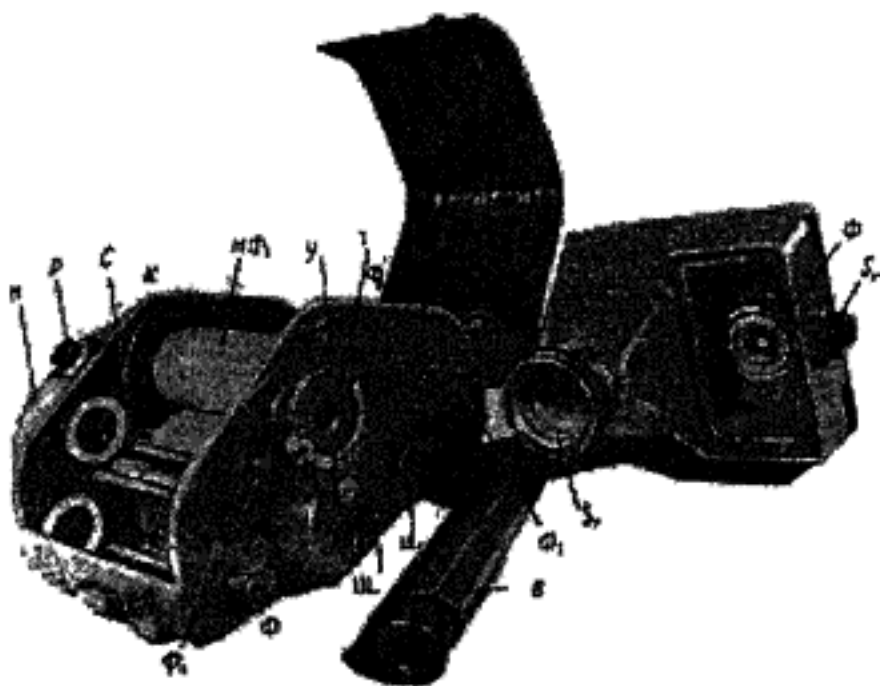


Рис. 5. Основные части АЩАФА-2

нинграда, на изысканиях Южтурксибжелстроя, в Среднеазиатском и других аэросъемочных предприятиях. Далее его деятельность проходила в учебных и научно-исследовательских учреждениях. Учебном комбинате ГВФ, Ленинградском отделении ЦНИИ аэросъемки ГУГК С 1931 по 1937 гг. он заведовал кафедрой Аэросъемки. В ЛО НИИ Аэросъемки работал старшим научным сотрудником до добровольного ухода на фронт 26.06.41. С 1933 г. – доцент, с 1946 г. – кандидат технических наук. В штабных документах сообщается, что Семенов В.С. с 26 октября 1941 г. по 22 февраля 1942 г. провел войсковые испытания АЩАФА своей системы в боевых условиях, подготовил группу стрелков-радиостов для работы в воздухе с АЩАФА-2 и произвел два боевых вылета.

Находясь во фронтовых авиаподразделениях, выполнял на самолетах Пе-2, Б-25, Ил-2 до 40 боевых вылетов. Был награжден боевыми орденами: Красной Звезды, Красного Знамени, Отечественной войны и медалями: «За боевые заслуги», «За оборону Ленинграда», «За взятие Кенигсберга», «За победу над Германией».

С мая 1942 г. по решению Государственного Комитета Обороны АЩАФА-2 начал серийно выпускать завод № 393 (ныне «Зоркий»). За время войны были изготовлены сотни этих фотоаппаратов и они успешно применялись на всех фронтах. В.С. Семенов командировался на этот завод, как автор-изобретатель и военный консультант.

В 1946 г. за изобретение аэрофотоаппарата, примененного в условиях Отечественной войны, В.С. Семенов был награжден Сталинской премией.

В последние годы своей жизни В.С. Семенов работал доцентом кафедры авиационных приборов ЛКВВИА. Он читал лекции, вел лабораторные занятия и активно вел научно-исследовательскую работу, разрабатывая автоматический командный прибор, управлявший АЩАФА без оператора.

Виталий Семенович Семенов погиб в авиационной катастрофе на самолете Пе-2 при испытании очередной модификации своего АФА.

Его гибель была невосполнимой потерей для науки и аэросъемочного приборостроения. Виталий Семенович был ученым-изобретателем Божьей милостью. Он видел и понимал то, что было недоступно другим. В частности, он предвидел топографическое применение щелевой съемки.

Спустя 70 лет его предвидение сбылось.

С использованием современных технических возможностей фирмами выпускаются щелевые цифровые камеры топографического назначения. Преобразование щелевых изображений местности в топографо-картографические произведения выполняется аналитическим путем с помощью компьютерных технологий. Начала таких технологий разрабатывались автором в 60–70 гг. [10], [11].

В [8] представлена аналитическая модель решения обратной задачи по переходу от координат точек изображения щелевых снимков к геодезическим координатам их прообразов на местности. Там же рассмотрен принцип щелевой съемки с помощью линейки приборов с зарядовой связью.

Со дня гибели Виталия Семеновича Семенова прошло пятьдесят лет. Имя его забыто.

Друживший с В.С. Семеновым полковник в отставке А.И. Евсеев-Сидоров рассказывал, что Виталий Семенович был человеком большой души и пользовался уважением и любовью сослуживцев. В автобиографии, хранящейся в архиве, он написал: «...одинок. Вся семья погибла в блокаду в Ленинграде». Некому вступить за его приоритет и популяризировать его имя. Молчит кафедра, где он работал. В зарубежных публикациях по проблемам щелевой съемки имя изобретателя, конечно, не упоминается. Не лучше и наши отечественные авторы: о В.С. Семенове и его изобретении нет упоминания.

«Замечательные люди исчезают у нас, не оставляя по себе следов. Мы ленивы и нелюбопытны». (А.С. Пушкин Путешествие в Арзрум.).

Заканчивается эпоха фотографии, использующей фотохимический эффект. На смену идет фотография, в которой светочувствительными являются среды с фотоэлектрическим эффектом. Получила распространение цифровая фотография, где сенсором служат матрицы ячеек приборов с зарядовой связью (ПЗС). В эксплуатацию поступают аэрокамеры с матрицами ПЗС двух типов.

В первом стремятся создать систему, эквивалентную по захвату на местности АФА покadroвой съемки. Информативная емкость площадных матриц уступает таковой у стандартных аэрофотоснимков. Поэтому делают многообъективные камеры, которые выполняют перспективную съемку и дают в совокупности захват эквивалентный одиночному аэрофотоснимку. У таких камер бывает до восьми оптических каналов: четыре для панхроматической перспективной съемки и четыре для спектральной. Применяют синхронные механические фотозатворы и системы компенсации сдвига изображения. В панхроматическом диапазоне получают четыре снимка, которые трансформируют и сшивают компьютерным путем. Такие камеры сложны, и они слабо конкурируют с традиционными АФА.

Другой путь – это щелевые цифровые камеры, в которых сенсорами служат столбцовые матрицы в виде линеек ПЗС (ЛПЗС). Принцип такой цифровой съемки рассмотрен нами в [8]. В ту пору ЛПЗС еще не обладали характеристиками, достаточными для применения в аэросъемке. В настоящее время размер ячейки бывает меньше 0,01 мм, а число ячеек в одной линейке достигает 12 000. Их можно делать составными с количеством ячеек более 20 000. Такие параметры уже позволяют применять ЛПЗС в аэрокамерах, конкурентоспособных с традиционными АФА.

Применение ЛПЗС дает гигантский импульс для развития и применения изобретения В.С. Семенова в щелевых цифровых аэро- и космических камерах. Такие камеры в близком будущем сделают их основным средством съемки. По этому вопросу следует провести специальное глубокое исследование. Здесь же мы назовем лишь основные качества щелевых цифровых камер, определяющие их конкурентоспособность.

Первое – это простота конструкции, свободной от механических устройств. Используется один оптический канал с одним объективом, покрывающим информационное поле одного традиционного кадра. Это



поле образует проекцию местности, называемую линейной перспективой.

В фокальной плоскости объектива, реализующей указанную проекцию, размещают ЛПЗС, которые синхронно «выхватывают» из линейной перспективы линейные фрагменты, находящиеся в строгой проективной геометрической зависимости. Система этих фрагментов адекватна подобным фрагментам символического топографического снимка, полученного традиционным АФА, имеющим такие же съемочные параметры. ЛПЗС синхронно с определенной частотой считывают оптическое изображение и формируют электрические заряды, совокупность которых образует цифровое информационное поле со строчной структурой. Это поле запоминается в системе памяти и в дальнейшем существует как цифровое электронное изображение. С помощью компьютерных средств электронное изображение можно визуализировать и использовать для фотограмметрической и энергетической интерпретации.

В фокальной плоскости размещают несколько ЛПЗС. Три основные для топографической съемки, а остальные для получения спектральных изображений. Трехщелевая съемка обладает кардинальными особенностями и преимуществами. Через один объектив производится одновременно тройная съемка земной поверхности со сплошным тройным перекрытием изображения. Это создает специфические возможности для фотограмметрических построений и повышает их точность.

В щелевых камерах процесс сбора информации с территории, адекватной захвату одиночного традиционного снимка, протекает во времени, то есть не одномоментен. Поэтому для приведения щелевых изображений к виду, при котором возможно применение стандартных процедур фотограмметрической обработки, необходимо эти изображения нормализовать. Это не вызывает принципиальных затруднений. Поставщики аппаратуры для щелевой съемки прилагают инструкции для подобной обработки.

Как уже было упомянуто, щелевые съемки станут доминирующими. Имя их изобретателя достойно того, чтобы оно звучало в названиях щелевых технологий. Думается, что было бы справедливо называть их Семеновские съемки (СС), Semenov Sawey (SS).

Автор благодарит Центральный музей авиации и космонавтики за содействие в получении архивных документов.

САМОЛЕТ «ИЛЬЯ МУРОМЕЦ» КОНСТРУКЦИИ ИГОРЯ СИКОРСКОГО

Уже говорилось о том, что аэрофотоаппараты АФА-Потте успешно применялись на самолетах «Илья Муромец». Эти самолеты сами по себе являются выдающейся вехой, знаменующей фундаментальную ступень прогресса в развитии авиации. В начале века за рубежом и в России были одномоторные самолеты, обладавшие ограниченной грузоподъемностью и дальностью полета. И только российским изобретателем-авиаконструктором Игорем Ивановичем Сикорским был создан самолет богатырского класса, по справедливости названный «Илья Муромец». Нижесле-

дующие сведения почерпнуты нами из книги «Крылья Сикорского».[7]

Это был четырехмоторный самолет грузоподъемностью 1,5 тонны, скоростью полета 120 км/ч и продолжительностью полета 6 часов. Первоначально он предназначался для пассажирских и грузовых перевозок, имел комфортабельный пассажирский салон на 15 пассажиров и отсеки для грузов. На нем были установлены мировые рекорды по грузоподъемности, дальности и продолжительности полета. «Илья Муромец» стал прототипом современных пассажирских лайнеров.

С началом войны на них стали устанавливать стрелковое и даже пушечное вооружение. Оно обеспечивало сферическую зону обстрела и защищало от приближения истребителей противника. Выполняя полеты на высоте 3,5 км, «Ильи Муромцы» были недоступны для зенитного огня того времени. Они могли брать на борт до 1000 кг бомб. Благодаря совершенным прицелам они эффективно бомбили вражеские железные дороги и укрепления.

Тяжелый самолет Игоря Сикорского «Илья Муромец» стал прототипом «летающих крепостей», появившихся в американских ВВС во 2-ю мировую войну.

Литература

1. Коваленко В.П. *Этапы развития аэрофотосъемки в воздушной разведке. Известия ВУЗОВ. Раздел геодезия и аэрофотосъемка.* – №3. – 1992.
2. А.И. Шершень. *Аэрофотосъемка. Летно-съемочный процесс.* – М.: Геодезиздат. 1949.
3. Родионов Б.Н. *О хронологическом справочнике по истории аэросъемок в России. Известия ВУЗОВ. (Как в [1])*
4. Гапченко Г.Ф. *Фотографирование с аэропланов. Там же.*
5. *Геодезия. Справочное руководство. Том IV.* – М.: Издательство Наркомхоза РСФСР. 1949.
6. Катывшев Г.И., Михеев В.Р. *Крылья Сикорского.* – М.: «Воениздат». 1992.
7. В.С. Семенов. *Авторское свидетельство №113030. 803.В 77100. Заявлено 25 октября 1935 г. №178900.*
8. Родионов Б.Н. *Динамическая фотограмметрия.* – М.: «Наука». 1983.
9. Брустин Б.И., Гилев С.С., Семенов В.С., Юцевич Ю.К. *Аэрофотооборудование самолетов.* – Л.: ЛКВВИА. 1948.
10. Родионов Б.Н. *О динамической фотограмметрии. Геодезия и картография.* №10. 1970.
11. Родионов Б.Н. *Иконика и иконология. В кн. Космическая иконика.* – М.: «Наука». 1973.
12. Баранов К.П. *Современное состояние фотооборудования самолетов ВВС США и Англии. Препринт.* 1955.
13. В. Потте. *Привилегия, выданная 27 сентября 1912 г. полковнику В. Потте на автоматический фотографический аппарат, по заявке 31 марта 1911 г. Охранное свидетельство №47535.*