

Б. Н. Родионов

О ПРИМЕНЕНИИ ДЛЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ВЕРТОЛЕТА

Аэрофотосъемка с самолета производится при большой поступательной скорости движения летательного аппарата, а это не позволяет длительное время удерживать в поле зрения аэрофотокамеры отдельные объекты и фиксировать наблюдения быстротечных процессов, развивающихся на земной поверхности. Наблюдения таких процессов ограничены случайными короткими отрезками времени, в течение которых самолет находится над изучаемым объектом, поэтому непрерывность наблюдений необходимой и одинаковой частоты с самолета не обеспечивается. Большая скорость полета препятствует также укрупнению масштаба фотографирования.

Указанные ограничения отпадают, если аэрофотосъемка выполняется с вертолета, который имеет непрерывный диапазон скоростей полета от 0 до 150—180 км/час.

Вертолеты находят все большее применение в народном хозяйстве как средство транспорта и связи. В ближайшее время вертолеты станут таким же распространенным и доступным летательным аппаратом, как и самолет. Отсюда, естественно, представляет интерес выяснить, в какой степени вертолет пригоден для выполнения обычной площадной аэрофотосъемки. Следует иметь в виду, что способность вертолетов взлетать и садиться вне аэродромов может значительно упростить организацию аэрофотосъемочных работ и приблизить лабораторные базы к участкам съемки.

Однако отмеченные преимущества имеют реальную ценность лишь при обеспечении должного фотограмметрического качества получающихся аэроснимков.

В настоящей статье излагается опыт применения вертолета для специальной и обычной крупномасштабной аэрофотосъемки, а также результаты изучения фотограмметрического качества полученных аэроснимков.

Специальная аэрофотосъемка с вертолета выполнялась с целью определения скоростей и направлений течения в районе отсыпки банкета и в проранах разбивавшихся перемычек при перекрытии русла р. Волги на Куйбышевском гидроузле.

Применялся вертолет МИ-4, на котором были установлены аэрофотоаппарат АФА-ТЭ, статоскоп С-51 и радиовысотометр РВ-10. Было сделано шесть полетов средней продолжительностью 1 час. Съемка выполнялась на высоте 300 м камерами с $f_{\text{к}} = 100$ и 55 мм.

В условленное время вертолет зависал над исследуемым участком реки, где его поджидал катер с деревянными щитами размером

1×1 м². По сигналу, подаваемому с вертолета, щиты сбрасывались на воду и дрейфовали по течению. Одновременно включался на непрерывную работу АФА. К пилоту предъявлялось требование сохранения заданной высоты и стабильности положения вертолета в пространстве. Аэрофотооператор во время съемки непрерывно наводил АФА.

На аэроснимках запечатлевалось положение щитов относительно береговой черты в различные моменты времени. Это позволило путем фотограмметрической обработки получить планы течений и вычислить скорости.

По условиям работы висение должно было длиться на протяжении всего времени движения щитов по исследуемому участку реки, т. е. 15—20 мин. Однако ввиду перегрева двигателя и утомления пилота практически время висения не превышало 2—2.5 мин. Кроме того, вертолет постепенно смещался в сторону, так что русло реки выходило из поля зрения АФА. Поэтому висение периодически прекращалось и производился новый заход на участок. В целях охлаждения двигателя время захода растягивалось и составляло 1—2 мин. Затем вертолет снова зависал. Так как за время захода часть щитов успевала выйти за пределы участка, то сбрасывались дополнительные щиты. В среднем над участками делалось 4—5 зависаний и производилось от 5 до 36 снимков в каждом.

В силу того, что при перебегах съемка прекращалась и часть русла оказывалась не охваченной наблюдениями, в последнем полете было выполнено барражирование на скорости порядка 20—40 км/час с непрерывной съемкой.

Вертолет МИ-4 на режиме висения и в полете на малой скорости подвержен сильным вибрациям, что затрудняет пилотирование и снижает качество аэроснимков. Из произведенных 400 с лишним аэроснимков 16% получились нерезкими, 2.6% снимков из-за нерезкости пришлось забраковать, в остальных случаях нерезкость не препятствовала обработке. При выдержке $\frac{1}{100}$ сек. величина смаза изображения в среднем составила 0.3 мм, но доходила и до 1.0 мм. Никакой закономерности в появлении нерезких снимков не обнаружено, однако в некоторых случаях 3—4 нерезких снимка следуют один за другим (интервал между экспозициями 3 сек.).

Обработка материалов съемки показала, что в режиме висения углы наклона аэроснимков с исключением систематических наклонов в среднем составляют: продольные ± 1.0 , поперечные ± 1.1 , абсолютные 1.4 ; в режиме барражирования — соответственно: ± 1.3 , ± 1.2 , 1.8 .

Без исключения систематических наклонов абсолютные углы составляют: на висении 2.1 , на барражировании 1.8 . При исключении систематических величин отмечается нормальное распределение значений углов наклона; без такого исключения нормальное распределение не наблюдается.

Таким образом, в режимах висения и барражирования на малой скорости угловые колебания вертолета мало отличаются от колебаний самолета и величина их может считаться приемлемой.

Во время висения вертолет значительно перемещается по высоте. Колебания от средней высоты висения в пределах отдельных зависаний доходили до ± 42 м, т. е. составляли $\pm 14\%$ высоты. Средняя скорость вертикальных перемещений составила ± 1.06 м/сек., но в от-

дельных случаях доходила до ± 5 м/сек. На барражировании отмечались аналогичные колебания.

Изменения высоты вызывали отклонения масштаба фотографирования от среднего в пределах от 1:2600 до 1:3400. Это не явилось помехой для построения планов течений, хотя и несколько усложнило их получение.

В целом поставленная задача решена, однако следует отметить, что продолжительность висения оказалась явно недостаточной.

Аэрофотосъемка площади производилась в масштабе 1:3000 аэрофотоаппаратом с $f_k = 100$ мм. Снимался участок города размером 4×2 км. Для определения оптимального режима съемки были выполнены два залета — первый при воздушной скорости 60 км/час, второй при скорости на маршрутах 130 км/час и на заходах 60 км/час. При заданном перекрытии $60 \times 40\%$ в обоих залетах проложено по 8 маршрутов, каждый в среднем по 20 снимков. Интервалы между экспозициями составили в первом залете 7 и 14 сек., во втором — 3.5 и 5 сек., углы сноса — соответственно -18 , $+4^\circ$ и -12 , -2° . Заходы на следующий маршрут производились визуально.

Оба залета выполнены без разрывов и при полевой приемке получили удовлетворительную оценку. Пониженная оценка дана из-за криволинейности маршрутов (до 0.03) и избыточного поперечного перекрытия (в среднем 53%).

Подробная обработка материалов показала, что средние значения углов наклона аэроснимков составили для первого залета: абсолютные $1^\circ 3'$, взаимные $\pm 0^\circ 9'$, для второго залета — соответственно $1^\circ 8'$ и $\pm 0^\circ 8'$. Уклонение от средней высоты полета в маршрутах оказалось в пределах $\pm 15 \div 30$ м или $\pm 5 \div 10\%$ высоты. Среднее значение разности высот фотографирования соседних снимков оказалось равным ± 8 м. Вибрации вертолета и нерезкие снимки не отмечены.

Таким образом, площадная крупномасштабная аэрофотосъемка с вертолета показала, что по сравнению с самолетной съемкой получены лучшие результаты по углам наклона аэрофотоснимков и несколько худшие по колебаниям высоты.

Съемочное время в первом залете составило 38 мин., во втором 21 мин., среднее время съемки маршрута — соответственно 2 мин. 15 сек. и 1 мин. 18 сек., среднее время захода 1 мин. 50 сек. и 1 мин. 20 сек. Отсюда видно, что производительность второго залета почти вдвое больше первого. Переход по выполнению захода со скорости 60 км/час к 130 км/час занимает 10—15 сек., и поэтому первые 2—3 снимка маршрута имеют несколько увеличенное продольное перекрытие. Однако это не является помехой для фотограмметрической обработки, так как в большинстве случаев такие снимки лежат за границей участка.

Вертолет Ми-4 не приспособлен для аэрофотосъемки. Обзор местности из его кабины недостаточен, затруднена установка аэрофотосъемочных визиров.

В целом методика прокладки маршрутов на вертолете остается такой же, как и на самолете. Путевая устойчивость вертолета вполне удовлетворительна.

Заходы на маршрут при скорости 60 км/час не вызывают затруднений и выполняются одним разворотом. С этой точки зрения вертолет имеет значительное преимущество перед самолетом, так как позволяет выполнять заходы на пониженной скорости одним разворотом, тогда как на самолете пришлось бы выполнять заходы стандартным разворотом.

В практике некоторых инженерных, геологических, гидрологических и других изысканий может встретиться необходимость в сверхкрупномасштабном фотографировании земной поверхности и сооружений на ней. Так, например, для изучения в природных условиях формирования микрорельефа под влиянием эрозионных процессов для исследования в натуре некоторых видов русловых процессов и моделей гидротехнических сооружений желательно иметь фотопланы масштаба 1:200—1:100 и крупнее. Естественно, что аэрофотосъемка для этих целей может производиться только с вертолета.

Для выяснения возможности такого применения вертолета была произведена сверхкрупномасштабная маршрутная аэрофотосъемка АФА с $f_k = 100$ мм на высоте 10 м, т. е. в масштабе 1:100. Фотографировалась заболоченная старица р. Волги. Получены маршруты по 20 снимков с перекрытием 60%. Материалы аэрофотосъемки по качеству аналогичны снятым с режима висения и пригодны для стереоскопической обработки. При малой высоте сказывается воздействие на поверхность земли воздушной струи от ротора вертолета. На аэро-снимках видны небольшие волны, бегущие по воде в стороны от отражения вертолета, и пригнутые струей стебли травы. Хорошо стереоскопически просматриваются рельеф дна и подводная растительность (глубина воды около 3 м).

Описанный опыт недостаточен для окончательного суждения о возможностях применения вертолета в аэрофотосъемке, однако он показывает, что вертолет уже на данном этапе можно применить для многих специальных аэрофотосъемок при гидротехнических изысканиях и исследованиях, при съемке городов, железнодорожных путей, геологических, геоботанических и других исследованиях, т. е. там, где требуется съемка с висения или в сверхкрупном масштабе. При этом следует иметь в виду, что существуют и другие конструкции вертолетов, лишенные недостатков, свойственных МИ-4.

При обычной площадной аэрофотосъемке вертолет с точки зрения качества получаемых материалов не имеет видимых преимуществ перед самолетом, но и стоимость его эксплуатации значительно выше последнего. Поэтому применять его для этой цели рентабельно лишь тогда, когда он может попутно со съемкой выполнять и другие работы, недоступные для самолета. Рентабельным вертолет может оказаться и в районах с недостаточным количеством посадочных площадок, когда из-за больших подлетов к участкам съемки приходится применять тяжелые дорогостоящие самолеты со значительным радиусом действия.

Московский институт инженеров
геодезии, аэрофотосъемки и картографии.