

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

УДК 551.501:551.521

М.Ю. Аршинов, Б.Д. Белан, В.В. Зуев, В.К. Ковалевский, М.В. Панченко, А.П. Плотников,
Е.В. Покровский, И.А. Разенков, А.П. Ростов, Г.Н. Толмачев

ПРИМЕНЕНИЕ МОТОДЕЛЬТАПЛАНА ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ ОПТИКО-МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АТМОСФЕРЫ

Дается описание мотодельтаплана, оснащенного научным оборудованием для проведения оптико-метеорологического зондирования атмосферы. Приводятся результаты измерений, полученных в ходе полетов. Даются сведения об особенностях установки и эксплуатации оборудования на этом виде летательных устройств.

Прогнозируемое рядом ученых глобальное изменение климата за счет изменения радиационного баланса планеты, обусловленное увеличением выбросов в атмосферу парниковых газов, требует детального изучения взаимодействия электромагнитного излучения с воздухом при его переносе от Солнца к подстилающей поверхности Земли. Весьма целесообразно, чтобы такое исследование имело 4-мерный характер (пространство + время).

В принципе на планете создана система контроля за распространением солнечного излучения в атмосфере, начиная от наземных постов и станций и заканчивая космическими аппаратами. Однако ее данные не всегда удовлетворяют исследователей по пространственному или временному разрешению. Поэтому для получения результатов, которые необходимы в том или ином эксперименте, прибегают к использованию различных платформ, на которых устанавливаются датчики и которые перемещаются в пространстве (шары-зонды, аэростаты, самолеты, ракеты и т.п.). Из этого перечня, как показано в обзоре [1], наиболее информативными и отвечающими самым широким требованиям являются самолеты-лаборатории. К недостаткам этого метода можно отнести лишь то, что он весьма дорогостоящий и требует определенной инфраструктуры для своей реализации. Поэтому поиск новых видов платформ для установки на них датчиков продолжается. В настоящей работе описывается опыт использования для такой цели мотодельтаплана.

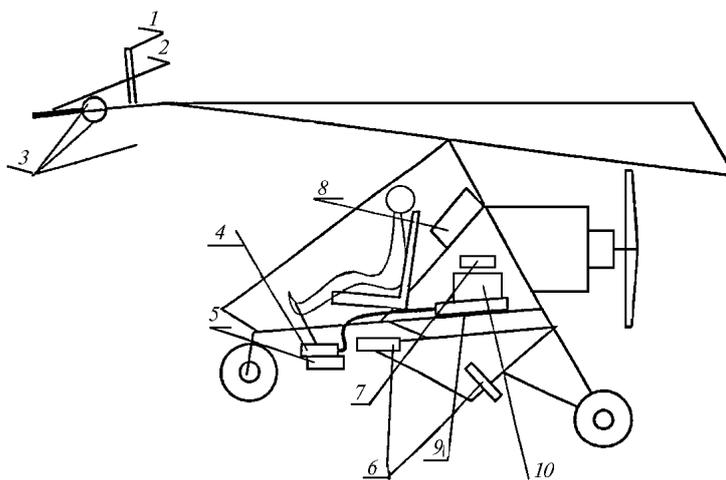


Рис. 1. Схема размещения научного оборудования на дельтаплане: 1 – датчик светимости облаков; 2 – балансомер; 3 – пиранометры; 4 – блок датчиков температуры и влажности воздуха; 5 – фильтроустановка; 6 – нефелометр; 7 – датчик давления; 8 – бортовой регистрирующий комплекс; 9 – побудитель расхода; 10 – аккумулятор

В качестве базы для размещения оптико-метеорологических датчиков использовался мотодельтаплан МД-2 производства Таганрогского авиапредприятия. На него были установлены

следующие датчики и приборы: датчик светимости облаков на базе фотоспротивления, балансомер М-10М, пиранометры М-115М для измерения восходящей и нисходящей суммарной радиации, датчики температуры и влажности воздуха, датчик давления для привязки данных по высоте, нефелометр, фильтроустановка. Схема размещения датчиков на дельтаплане приведена на рис. 1. Питание всего комплекса осуществлялось от автомобильного аккумулятора. В качестве побудителя расхода использовался автомобильный пылесос. Датчики через предварительные усилители подключались к бортовой системе регистрации.

Такое расположение датчиков на дельтаплане обусловлено его конструктивными особенностями, с одной стороны, и методическими требованиями измерения той или иной величины – с другой.

Так, балансомер и пиранометры собирают радиацию со всей верхней или нижней полусферы. Естественно, что в поле их зрения попадает подвесная часть дельтаплана, включая пилота. Поэтому блок балансомера и пиранометров крепился к трубе, которая продолжала строительную часть оси крыла. В полете этот блок выдвигался вперед с помощью этой трубы на 2 м, что позволяло уменьшить влияние подвесной части и пилота на показания датчиков, работающих по нисходящему излучению.

Для корректного измерения температуры, влажности воздуха и отбора аэрозоля необходимо, чтобы датчики и заборники располагались в передней части летательного средства, в невозмущенной зоне. Схема мотодельтаплана с толкающим винтом, расположенным в задней части машины, отчасти облегчила эту задачу. Вместе с тем низкая посадка конструкции по отношению к поверхности земли ее затруднила. При взлете и посадке пыль от переднего колеса могла попасть в заборник аэрозоля. Поэтому на заборник надевалась съемная крышка, которую в полете снимал пилот. Следовательно, блок датчиков и заборник должны были находиться в пределах досягаемости рук пилота.

Нефелометр внешнего объема крепился к специальной раме, которая присоединялась к жесткой части подвесной конструкции с левой стороны от пилота.

Аккумулятор, предварительные усилители, датчик давления и система регистрации располагались на месте пассажира, сзади пилота, в специальном контейнере, но впереди винта. Из-за опасности попадания элементов измерительного комплекса в лопасти винта и вывода его из строя, при размещении указанных приспособлений приходилось принимать особые меры предосторожности, как то: исключение свободноперемещающихся узлов, незакрепленных проводников и т.п.

Однако имея достаточно большой опыт по оснащению самолетов-лабораторий [2, 3], нам все же пришлось столкнуться с двумя проблемами, решение которых потребовало дополнительных усилий. К ним относятся необычайно сильные вибрации подвесной части дельтаплана, которые приводили в пробных полетах даже к разрушению датчиков, и электромагнитная несовместимость научного оборудования и радиосредств дельтаплана.

Первая проблема решалась классическим способом – развязкой креплений приборов гасящими вибрации материалами и укреплением конструкций [4]. Вторую проблему не удалось решить даже двойным или тройным экранированием блоков и проводов. Поэтому радиообмен в полете сводился к минимуму, а данные, записанные в этот период, как правило, браковались.

Информация, получаемая в воздухе, записывалась с помощью специально разработанного комплекса регистрации. Подробное описание комплекса дано в [5, 6].

Дадим краткую характеристику нефелометра, так как он разрабатывается специально для установки на дельтаплан.

Внешний вид прибора показан на рис. 2. Он предназначен для регистрации рассеянного излучения (в том числе в облаках) с частотой 1 Гц. Нефелометр работает под управлением бортового регистрирующего комплекса и регистрирует рассеянное излучение под углом 45° , который был выбран исходя из того, что именно это излучение максимально коррелирует с интегральной характеристикой аэрозольного рассеяния – коэффициентом полного рассеяния [7].

Конструктивно прибор смонтирован на легкой жесткой рамке из дюралюминия. Средняя часть приборов открыта, что позволяет работать нефелометру в любом положении.

Передачики и приемники в нефелометрах линзовые, снабжены удлиненными блендами, которые одновременно являются и защитными кожухами. Напротив каждого приемника располагается черный экран для понижения уровня паразитной фоновой засветки. Компактные электронные блоки передатчика и приемника укреплены здесь же непосредственно на рамке прибора (см. рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид нефелометра

Программное обеспечение нефелометра обеспечивает 2 режима работы. Первый – основной, когда управление функциональными узлами прибора, такими как управление передатчиком, оцифровка и синхронное детектирование сигналов от фотоприемника, и выдача информации осуществляются от регистрационного комплекса. Второй режим работы нефелометра является тестовым и позволяет проверять работоспособность всех узлов прибора.

Более детально нефелометр описан в [8].

Технические характеристики мотodelьтаплана

Высота подъема	до 3000 м
Полетное время	до 3 ч
Воздушная скорость	50 – 60 км/ч
Скороподъемность	1 – 2 м/с
Полезная нагрузка	80 кг

Измеряемые параметры

Температура воздуха	-50 ... +50 ± 0,1 °С
Влажность воздуха	10 ... 100 ± 10 %
Давление воздуха	800 ... 300 ± 1 мм рт.ст.
Нисходящая и восходящая суммарная солнечная радиация ($\lambda = 0,4 \dots 2,3$ мкм)	0 ... 1368 Вт/м ² ± 10 %
Радиационный баланс ($\lambda = 0,4 \dots 14$ мкм)	0 ... ±800 Вт/м ² ± 10%
Коэффициент рассеяния	0 ... 10 ⁴ отн.ед.
Светимость облаков	0 ... 100 отн.ед.
Объем прокачиваемого воздуха	0 ... до 150 м ³

Испытания мотodelьтаплана, оснащенного перечисленным оборудованием, проводились с 26 августа по 10 октября 1996 г в районе г. Томска по следующей программе:

- включение аппаратуры регистрации и запись 5-секундной реализации;
- запуск двигателя дельтаплана, включение регистрации информации, рулежка и взлет;
- набор высоты 100 м, проход 11-минутной площадки на этой высоте по квадрату;
- образование аналогичных площадок на высотах 200, 400, 800 и при высокой облачности на высоте 1600 м;
- набор высоты до нижней кромки облаков и включение пылесоса на 30 мин для забора аэрозоля на фильтр;
- резкое снижение со скоростью порядка 4 м/с и посадка;
- выключение режима регистрации информации, отключение регистрирующего блока от датчиков без включения питания и перевоз его в лабораторию института;
- считывание информации с PC-карты блока регистрации в компьютер через последовательный порт;
- выключение питания блока;
- зарядка аккумулятора блока регистрации.

В качестве взлетной площадки использовалось ровное поле размером 1500 × 1500 м на левом берегу реки Томи. Горизонтальные полеты на высотах 100, 200 и 400 м выполнялись в

целях безопасности полета над этой территорией. Более высокие площадки делались над городом и над пригородной зоной.

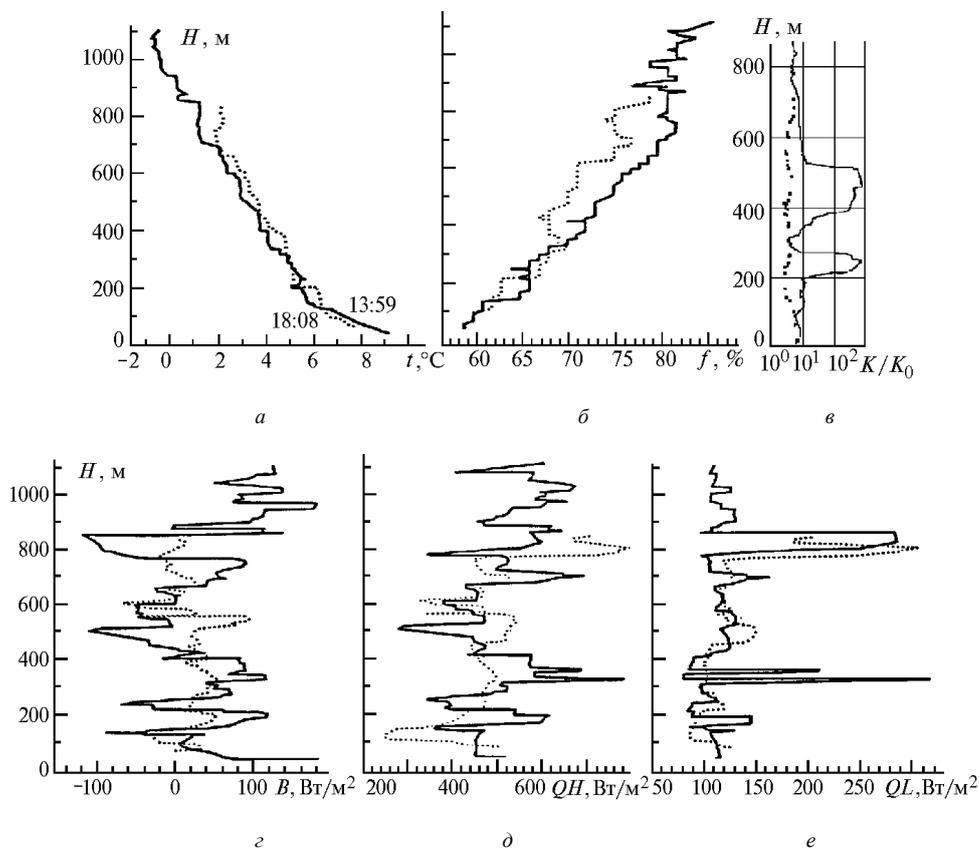


Рис. 3. Вертикальные профили температуры (а), влажности (б), коэффициента рассеяния (в), радиационного баланса (г), нисходящей радиации (д), восходящей радиации (е) 29 сентября 1996 года в районе г. Томска: сплошные линии – подъем мотодельтаплана; точки – снижение

Для примера на рис. 3 приводятся вертикальные профили ряда величин, полученные в одном из полетов. Из этого рисунка видно, что с помощью мотодельтаплана удастся прописать достаточно тонкую структуру вертикального распределения оптико-метеорологических величин. Вместе с тем не все изломы на кривых совпадают при подъеме и спуске дельтаплана, особенно в радиационных измерениях. По-видимому, это происходило потому, что полеты проходили над неоднородной поверхностью, имеющей разное альbedo, что и сказалось на результатах измерений.

Испытания дельтаплана также выявили ряд недостатков, которые требуют доработки. В частности, необходим более надежный датчик давления для четкой «привязки» по высоте данных. Нужны дополнительные мероприятия по преодолению воздействия вибрации на приборы и нейтрализации электромагнитных наводок на научное оборудование. Для радиационных измерений желателен подбор площадки с однородной подстилающей поверхностью.

Работа выполнена по гранту N 352645-A-Q1 программы ARM.

1. Белан Б. Д. // Оптика атмосферы и океана. 1993. Т. 6. N 1. С. 5–32.
2. Белан Б. Д. // Аппаратура дистанционного зондирования параметров атмосферы. Томск: ТФ СО АН СССР, 1987. С. 34–40.
3. Зуев В. Е., Белан Б. Д., Кабанов Д. М. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1992. Т. 5. N 10. С. 1012–1021.
4. Мирмович Л. А., Орлов К. Я., Пархимович В. А. // Труды УкрНИГМИ. 1979. Вып. 170. С. 123–126.
5. Microcontroller I8XC196KB // Intel Corporation. 1994. 114 p.
6. Ростов А. П. // Оптика атмосферы и океана. 1997. Т. 10. N 2. С. 211–218.
7. Панченко М. В., Кабанов М. В., Фадеев В. Я. // Труды. Бухарест, 1982. С. 142–143.
8. Разенков И. А., Ростов А. П. // Оптика атмосферы и океана. 1997. Т. 10. N 8. С. 941–946.

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
10 февраля 1997 г.

M. Yu. Arshinov, B. D. Belan, V. V. Zuev, V. K. Kovalevskii,
M. V. Panchenko, A. P. Plotnikov, E. V. Pokrovskii, I. A. Razenkov, A. P. Rostov,
G. N. Tolmachev. **Application of Powered Glider to Study of Optical-Meteorological Properties of the Atmosphere.**

A powered glider with research equipment for optical-meteorological sounding of the atmosphere is described in the paper. The measurements are presented obtained during the flights. The peculiarities of the equipment installation and operation on such kind of flying devices are described.