

В.Е. Зуев, Б.Д. Белан, Д.М. Кабанов, В.К. Ковалевский, О.Ю. Лукьянов, В.Е. Мелешкин, М.К. Микушев, М.В. Панченко, И.Э. Пеннер, Е.В. Покровский, В.М. Сакерин, С.А. Терпугова, Г.Н. Толмачев, А.Г. Тумаков, В.С. Шаманаев, А.И. Щербатов

САМОЛЕТ-ЛАБОРАТОРИЯ АН-30 «ОПТИК-Э» ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дано описание самолета-лаборатории, предназначенного для экологического мониторинга атмосферы и подстилающей поверхности, включая водную. Приведены технические характеристики комплексов, входящих в его состав. Обсуждены вопросы корректности самолетных измерений. В заключение составлен перечень работ, которые может выполнить модернизированный самолет-лаборатория.

Использование самолетов для исследования атмосферы началось давно. По-видимому, подъем метеорографа на самолете во Франкфурте-на-Майне, произведенный в 1912 году, можно считать первым таким случаем [1]. Интенсивный импульс самолетному зондированию был дан в 30-х годах в период бурного развития авиации. Этот процесс продолжается и в настоящее время.

Исследователей в области физики атмосферы самолет привлекает в первую очередь тем, что позволяет производить измерения *in situ*, то есть непосредственно в интересующей точке пространства. При этом он позволяет доставить в заданную точку многочисленные приборы, объединенные, как правило, в единый комплекс, подключенный к бортовой системе регистрации на базе бортовой ЭВМ. К достоинствам метода можно отнести комплексность измерений, выполняемых синхронно, в системе единого времени, а также возможность сопровождения изучаемого явления.

В ИОА СО РАН этот эффективный метод исследования эпизодически начал использоваться еще в первой половине 70-х годов. С 1981 года самолетное зондирование стало регулярным и выполнялось на самолете-лаборатории Ил-14. Полное описание этого самолета-лаборатории и комплексов, в него входящих, приведено в [2]. В связи с тем, что носитель аппаратуры самолет Ил-14 был списан авиапредприятием из-за окончания продленного календарного срока его эксплуатации, в 1988 году начато освоение нового типа носителя — самолета Ан-30. Этот самолет значительно отличается от Ил-14 в первую очередь своей герметичностью, что потребовало новых технических решений при размещении научного оборудования на нем. Кроме того, часть комплексов существенно изменилась. Процесс перехода завершился в 1989 году выпуском в ОКБ им. О.К. Антонова соответствующей документации и монтажом оборудования.

Настоящая статья посвящена описанию технических характеристик созданного самолета-лаборатории и задач, на решение которых он направлен.

Учитывая сложную экологическую обстановку во многих регионах страны и отсутствие средств получения объективной информации о ней в масштабах района и региона, при создании самолета-лаборатории основной целью разработки было поставлено изготовление комплекса аппаратуры, предназначенного для измерения количества загрязняющих веществ в воздухе и на подстилающей поверхности. Такой подход существенно отличается от многих других тем, что действовавшие ранее по другим программам самолеты-лаборатории без изменения состава аппаратуры и методик зондирования стали называться экологическими. Созданный самолет-лаборатория Ан-30 «Оптик-Э» представляет собой новый тип самолета-лаборатории, так как в нем, наряду с обычными контактными методами измерения, применяются дистанционные активные (лидары) и пассивные (спектрофотометр, радиометр) методы зондирования. Последнее позволяет получать не только линейные (на высоте полета) или площадные (подстилающая поверхность), но и вертикальные разрезы. Ан-30 «Оптик-Э» позволяет решать широкий круг задач: от исследования трансграничного и регионального переноса примесей воздуха до паспортизации отдельных источников загрязнений в городах и районах, регистрации отдельных очагов загрязнений на морской и подстилающей поверхностях.

Прежде чем перейти к описанию измерительных комплексов, кратко остановимся на характеристиках носителя — самолета Ан-30. Этот самолет был создан специально для аэрофотосъемки и имеет в полу пять фотолюков для ввода и вывода оптического излучения, защищенных стеклами. Салон свободен от кресел, что благоприятствует размещению измерительной аппаратуры, в нем имеется буфет и фотолаборатория. Самолет оснащен специальным навигационно-пилотажным оборудованием и радиолокатором, что позволяет осуществлять полеты в сложных метеоусловиях, точно выходить на заданный курс. Разработанные в ОКБ им. О.К. Антонова электрические схемы позволяют подключаться к этим приборам и, наряду с измеряемыми физическими параметрами воздуха, записывать в бортовую ЭВМ навигационные характеристики, что в последующем облегчает интерпретацию данных и дает возможность вносить корректировку в результаты дистанционного зондирования. Самолет достаточно хорошо энерговооружен. К электрошлиту бортоператора, расположенному в салоне, можно подключить приборы общей мощностью 12 кВА. Основные эксплуатационные характеристики самолета-лаборатории следующие:

максимальная взлетная масса	24 т;
диапазон рабочих скоростей	250 – 450 км/ч;
максимальная дальность полета (с полной загрузкой и 2-часовым запасом топлива)	2400 км;
максимальная продолжительность полета	5,5 ч;
диапазон рабочих высот	100 – 8100 м;
метеорологический минимум	50/700;
длина взлетно-посадочной полосы(грунт или бетон)	1300 м.

Общая характеристика измерительного комплекса

Размещение научного оборудования на обшивке и в салоне самолета-лаборатории Ан-30 «Оптик-Э» показано на рис. 1.

В передней части самолета, в невозмущенной зоне перед винтами, на специальной плите 1 установлены: заборники воздуха для газоанализаторов, фотоэлектрического счетчика и других приборов, работающих на контактном принципе; диффузоры, создающие разрежение для отсоса воздуха после прохождения его через анализаторы; датчики метеовеличин в специальной защите (обтекателях). Такое расположение контактных средств выбрано, исходя из особенностей конструкции самолета Ан-30. Его носовая часть является застекленной и представляет собой рабочее место штурмана. В нижней части носа расположена антенна радиолокатора. Поэтому для реализации стандартного варианта – установки заборников и датчиков на штанге, укрепленной на носу самолета, не имеется возможности.

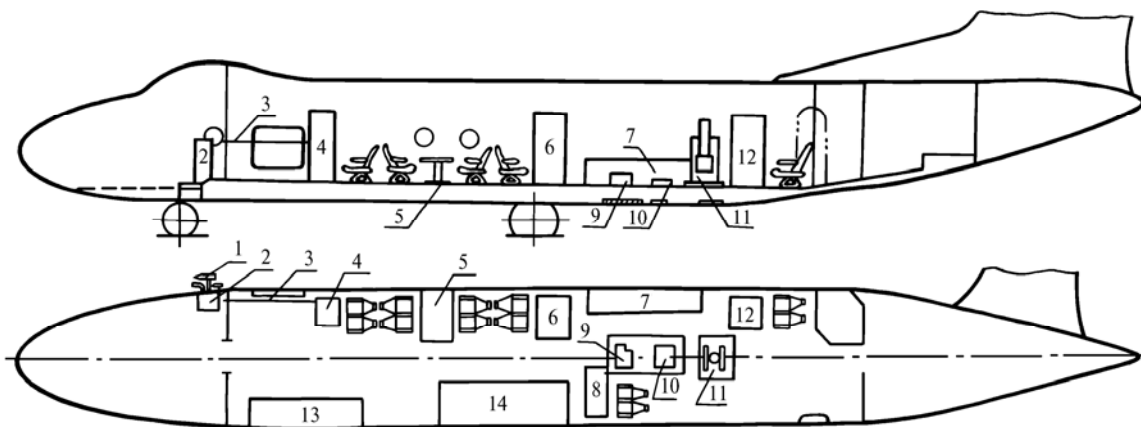


Рис. 1

У основания заборников и датчиков, внутри кабины пилотов, установлена стойка 2, на которой размещены газоанализаторы, фотоэлектрический счетчик, фильтровентиляционная установка. Такое расположение позволяет существенно уменьшить длину подводящих воздушных коммуникаций к приборам и до минимума сократить деструкцию и осаждение загрязнений в них.

По своим габаритам стойка 4, на которой располагается нефелометр со средствами гигро- и термооптики, не входит в кабину пилотов и размещена в салоне в полутора метрах от кабины. Заборный воздух подается и отводится от нефелометра по воздуховоду 3. Такое расположение нефелометра обусловлено тем, что здесь находится грузовой люк, который одновременно служит запасным выходом. Исходя из требований техники безопасности, перенос стойки 4 невозможен.

На позиции 5 (рис. 1) изображено рабочее место руководителя полета, оснащенное переговорным устройством.

Позиции 6 и 11 относятся к бортовому лидару «Макрель-2». В стойке 6 располагается система регистрации лидара. Сам лидар 11 расположен над фотолюком, который позволяет проводить зондирование в нади́р.

Спектрофотометр 9 и радиометр 10 смонтированы над первым и вторым фотолюками. Причем спектрофотометр работает через штатное стекло фотолюка, а радиометр помещен в герметичный контейнер, установленный над фотолюком, у которого отсутствует стекло, так как оно не пропускает инфракрасное излучение. Регистрирующая аппаратура спектрофотометра и радиометра находится в стойке 8.

На щите бортоператора 7 расположены подводящие электрошины с автоматами защиты, вторичные навигационные приборы, средства радиосвязи и повторитель курсоуказателя.

В стойке 12 собрана центральная система регистрации, куда через крейт-КАМАК поступает текущая информация о характеристиках полета, измеряемых физических величинах. Часть информации обрабатывается непосредственно в полете. Исходные и обработанные данные записываются на дискету.

Буфет 13 и фотолaborатория 14 относятся к сервисным элементам.

Контактные средства самолета-лаборатории

К контактным средствам относятся метеосистема, аэрозольный и газоаналитический комплексы. Прежде чем перейти к описанию их технических характеристик, остановимся на особенностях контактных измерений с борта самолета. Это в первую очередь касается корректности забора проб воздуха для анализа.

Чтобы не происходило искажения свойств пробы, необходимо выполнить условие изокINETИЧНОСТИ [3]. Оно заключается в том, что скорости потока вне заборной трубки и в ее входном сечении были равны, а входное сечение было строго перпендикулярно направлению полета.

Как уже упоминалось, на нашем самолете просос воздуха через прибор обеспечивался за счет скоростного напора, возникающего при полете самолета за счет разности действия этого механизма (рис. 2). Теоретическое обоснование такого подхода изложено в [4].

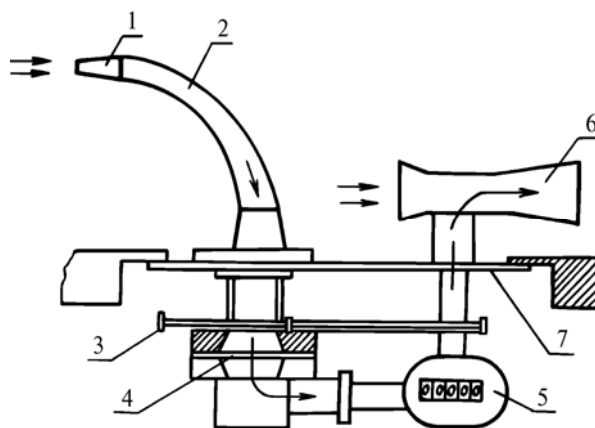


Рис. 2

Заборник, изображенный на рис. 2, действует следующим образом. Воздух, через насадку 1, подводящую трубу 2, проходит через фильтр 4, газовый счетчик 5 и выбрасывается за борт через трубку Вентури (диффузор) 6. Заслонка 3 перекрывает оба потока: входной и выходной, при смене фильтра, что обеспечивает сохранение герметичности салона (7 — обшивка самолета).

Согласно [4] при такой организации воздухопроводного тракта условие изокINETИЧНОСТИ, если оно соблюдается на входе насадки 1, будет сохраняться при изменении высоты и скорости полета в широких пределах. Как показал опыт работы на самолете Ил-14, где можно было экспериментировать прямо в полете, при изготовленном и собранном воздуховоде, изображенном на рис. 2, для обеспечения изокINETИЧНОСТИ нужно корректно подобрать площадь входного сечения насадки 1. Это нами и было сделано в ходе нескольких полетов. Сами насадки разных сечений подбирались по правилам, изложенным в [5]. Для забора воздуха должна применяться тонкостенная трубка, удовлетворяющая следующим требованиям: отношение наружного диаметра к внутреннему должно быть не более 1,1%, а если она заострена с углом ≤ 15 градусов, то толщина передних кромок должна составлять менее 5% внутреннего диаметра.

По такому принципу были организованы все воздуховоды для контактных средств. Кроме того, в заборниках, предназначенных для изучения аэрозоля, могут возникнуть искажающие эффекты из-за осаждения частиц в коммуникациях. В [6] предложена следующая формула для их учета:

$$M/M_0 = (1 - \alpha)(V/V_0) + \alpha ,$$

где M — масса частицы, поступающей при скорости V ; M_0 — масса частицы при скорости V_0 ; и определяется выражением:

$$\alpha = [1 - \exp(L/d)]/(L/d) .$$

где L — расстояние от конца заборника до того места, где из-за неизокинетического прохождения потока газа возникают искривления; d — расстояние остановки частицы, определяемое выражением:

$$d = \rho V_0^2 D^2 / 18\mu .$$

где ρ — плотность частицы; D — ее диаметр; μ — вязкость газа. С учетом изложенного, был проведен расчет радиусов загиба подводящих трубок 2 (рис. 2) из условия, что в коммуникациях не будут осажаться частицы ≤ 100 мкм. Результаты расчетов учитывались при разработке входной части заборников воздуха.

Поскольку детальное описание контактных средств, применяемых на самолете-лаборатории, изложено в [2], то в настоящей статье дадим им только краткую характеристику.

**Физические характеристики воздуха,
измеряемые с помощью контактных средств Ан-30 «Оптик-Э»**

Параметр	Диапазон или порог	Погрешность
Температура воздуха	-70°С...50°С	±0,5°С
Влажность воздуха	10...100%	±5...7%
Давление воздуха	800...200 мм рт.ст.	±1 мм Hg
Скорость ветра	0...300 км/ч	±10 км/ч
Направление ветра	0...360°	±10°
Счетная концентрация аэрозоля ($r \geq 0,2$ мкм)	0...300 см ⁻³	±20%
Распределение частиц по размерам	12 параллельных каналов	—
Массовая концентрация аэрозоля	0,01...2000 мкг/м ³	±25%
Коэффициент аэрозольного рассеяния	0,001...1 км ⁻¹	±10%
Спектральные интервалы волн	0,42, 0,52, 0,61 мкм	—
Содержание летучих составляющих в частицах аэрозоля в диапазоне	10...400°С	±1°С
Концентрация озона	2...500 мкг/м ³	±10%
Концентрация оксида углерода	1...100 ppm	±5%
Концентрация диоксида углерода	10...1000 ppm	±10%
Гамма-фон местности	1...1000 мкР/час	±20%

Метеосистема предназначена для измерения в реальном масштабе времени вертикальных профилей метеовеличин и их значений на траектории полета. В системе температура воздуха и ее флуктуации измеряются с помощью термометров сопротивления, влажность — датчиком от радиозонда МАРЗ, давление — авиационным датчиком ДД-15. Скорость и направление ветра вычисляются по данным доплеровского измерителя скорости сноса (ДИСС) и навигационным характеристикам. Диапазоны измерений и погрешности представлены в таблице.

Аэрозольный комплекс предназначен для определения микрофизических и оптических характеристик атмосферного аэрозоля, его массовой концентрации и химического состава. Все характеристики, за исключением химического состава, получаются в реальном масштабе времени. Химический состав и массовая концентрация определяются в лабораторных условиях после полета. В составе аэрозоля количественно идентифицируются следующие ионы: F⁻, NH⁺, NO₂⁻, SO₄⁻², Cl⁻, Na⁺, K⁺, Cd²⁺, As⁵⁺ и элементы: Al, Co, Cr, Mo, Ni, Ti, Zn, В, Si, Ag, Ba, Br, Cu, Pb, Sn, V, Mn, Mg, Fe, Ga, W, Ca, Hg, Sb, In, Be.

Для определения счетной концентрации используется модернизированный, с учетом рекомендаций [7], фотоэлектрический счетчик АЗ-5, точнее его оптическая головка. Так как его электрическая часть разработана для последовательного измерения спектра размера частиц, то она была заменена на параллельный анализатор спектра. Анализатор изготовлен в стандарте КАМАК и установлен в крейте центральной системы регистрации. Измерение распределения частиц по размерам ведется в тех же интервалах, что и в счетчике АЗ-5.

Оптические характеристики аэрозоля определяются с помощью фотоэлектрического нефелометра ФАН, оснащенного устройствами термо- и гигрооптики. Блок-схема нефелометрического комплекса изображена на рис. 3. Комплекс позволяет измерять коэффициент аэрозольного рассеяния под углом 45 градусов на 3-х длинах волн: 0,42; 0,52 и 0,61 мкм, степень поляризации на этих же длинах волн под углом 90 градусов, содержание летучих составляющих в частицах атмосферного аэрозоля в диапазоне температур 10 ... 400°С, изменение оптических свойств частиц при увлажнении в диапазоне 10 ... 100%.

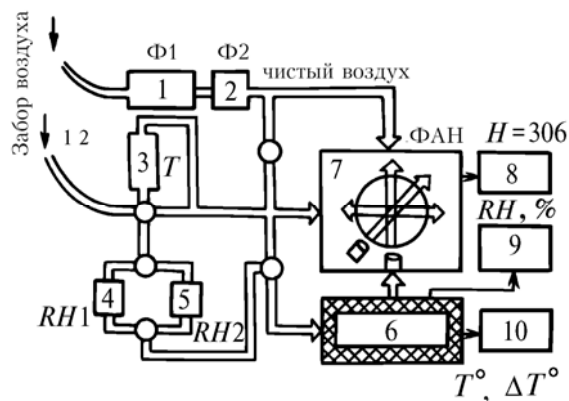


Рис. 3. Нефелометр с устройствами термо- и гигрооптики; 1 — фильтр грубой очистки; 2 — фильтр тонкой очистки; 3 — блок нагрева; 4 и 5 — увлажнители; 6 — камера стабилизации; 7 — нефелометр ФАН; 8 — регистратор; 9 — гигрометр; 10 — термометр

В состав аэрозольного комплекса входит также фильтровентиляционная установка, состоящая из трех одинаковых устройств, схема одною из которых приведена ранее на рис. 2. Они предназначены для концентрирования аэрозоля на фильтры АФА-ВП (ХА, ХП)-20 и обеспечивают расход воздуха через них в диапазоне 100–250 л/мин.

Основные параметры, измеряемые аэрозольным комплексом, собраны в таблице 1, методические вопросы подробно изложены в [2].

Газоаналитический комплекс предназначен для определения концентрации газовых компонент загрязнений. Учитывая широкую гамму газов, представляющих интерес для экологического мониторинга, на самолете-лаборатории применяется в основном методика отбора проб в контейнеры с последующим газохроматографическим анализом. Это позволяет не только расширить число регистрируемых компонент, но и повысить порог их определения. Кстати, по такому же принципу работает и большинство зарубежных самолетов-лабораторий [8–10]. Непосредственно на борту самолета измеряются только озон, оксид и диоксид углерода с помощью хемиллюминесцентного и оптико-акустических анализаторов. С помощью газового хроматографа в контейнерах определяются аммиак, ацетилен, ацетон, бензин, бензол, ксилол, оксид и диоксид азота, сернистый ангидрид, толуол, сероводород, хлор. Отрабатываются методики по расширению набора регистрируемых газов.

Дистанционные средства измерения

На самолете-лаборатории Ан-30 «Оптнк-Э» имеются как активные дистанционные средства, так и пассивные. Активные представлены лазерным локатором (лидаром) «Макрель-2», пассивные — спектрофотометром, работающим в видимой и ближней инфракрасной областях спектра, радиометром, принимающим излучение в полосе 8–15 мкм.

В связи с тем, что при переходе с самолета Ил-14 на Ан-30 они мало изменились и их детальное описание имеется в [2], то в данной статье лишь напомним их технические характеристики.

Лидар «Макрель-2» предназначен для исследования атмосферного аэрозоля, облаков, верхнего слоя водной поверхности, подстилающей поверхности. При зондировании облаков он позволяет измерять расстояние до них, их оптическую плотность, фазовое состояние. В процессе изучения промышленных выбросов лидар определяет оптический показатель рассеяния, зависящий от массовой концентрации аэрозоля, несферичность частиц. При зондировании верхнего слоя водной поверхности измеряется коэффициент ослабления (мутность), наличие оптических аномалий в воде (гидрозоль, планктон), высота ветровых волн ($\geq 0,4$ м), возбужденная люминесценция.

Лидар «Макрель-2» имеет следующие характеристики:

рабочая длина волны передатчика	– 532 нм;
энергия импульса передатчика	– 50 мДж;
длительность импульса излучения	– 15 нс;
расходимость излучения	– 1 мрад;
диаметр приемного телескопа	– 0,15 м;
угол поля зрения приемника	– 1,3 ... 13 мрад;
центр полосы приема люминесценции	– 680 нм;
ширина полосы пропускания интерференционных фильтров	– 3 нм;
глубина зондирования воды	– 2 ... 30 м;
разрешение по глубине	– 2,2 м;
диапазон измерения показателя ослабления воды	– 0,1 ... 0,5 м ⁻¹ ± 20%;
глубина зондирования облаков	– 50 ... 300 м;
показатель рассеяния облаков–	– 0,005 ... 0,07 м ⁻¹ ± 20%;
массовая концентрация аэрозоля	– 17–1700 мкг/м ³ ± 20%.

Спектрометр и радиометр предназначены для регистрации пространственно-угловых составляющих восходящего излучения системы атмосфера–подстилающая поверхность с учетом текущего углового положения самолета. Полученная информация может быть использована для определения: фоновых характеристик наземных объектов, полей теплового излучения подстилающей поверхности; восстановления оптической толщи вертикальной прозрачности атмосферы, радиационной температуры подстилающей поверхности.

Спектрометр имеет следующие характеристики:

световой диаметр объектива	–0,2 м
фокусное расстояние	–0,4 м
угол поля зрения	–0,4°
скорость углового сканирования	–0 ... 20°/с
диапазон сканирования по углу места	–0 ... 90°
рабочие длины волн (полуширина пропускания фильтров)	–0,440(0,008); 0,487(0,006); 0,551(0,008); 0,630(0,008); 0,670(0,008); 1,060(0,015); 1,221(0,016); 1,620(0,020) мкм

Радиометр:

световой диаметр объектива	–28 мм
фокусное расстояние	–56 мм
угол поля зрения	–1°
рабочий спектральный диапазон	–8–15 мкм
центр полосы (полуширина) светофильтров	–8.1(0,22); 9,1(0,24); 10,2(0,24) 12.1(0,48); 14,8(0,56) мкм
скорость углового сканирования	–0 ... 20°/с
угол сканирования	–0 ... 90°
диапазон измеряемых радиационных температур	–250–320 К
пороговая чувствительность по температуре	–0,2 К
постоянная времени	–1 с.

Системы регистрации

Они собирались на базе элементов, выпускавшихся отечественной промышленностью. Основным компонентом каждой из трех систем являлась микро-ЭВМ ДВК-3М. Работают все системы автономно. Одна из них предназначена для обслуживания лидара «Макрель-2», другая обеспечивает работу спектрофотометра и радиометра, третья является системой коллективного пользования. К ней через крейт-КАМАК подключены метеосистема, аэрозольный и газоаналитический комплексы, датчики навигационных параметров, датчик гамма-фона. На самолете-лаборатории Ан-30 «Оптик-Э» на протяжении трех лет проведен ряд экологических обследований городов и территорий, таких как полуостров Камчатка, оз. Байкал. Бурятия; города Нижний Тагил, Нижневартовск, Павлодар, Усть-Каменогорск, Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре, Улан-Удэ. Самолет-лаборатория Ан-30 «Оптик-Э» награжден золотой и двумя серебряными медалями павильона «Охрана природы» ВДНХ СССР.

Вместе с тем опыт эксплуатации самолета-лаборатории выявил ряд недостатков его применения. Поэтому в 1990 году было принято решение о его модернизации. Она проводится как по улучшению технических характеристик, так и по расширению набора измеряемых параметров.

В метеосистему вводится гигрометр точки росы и термодинамический комплекс, который предназначен для измерения вектора ветра по 3 координатам, флуктуаций температуры по трем направлениям с частотой регистрации до 100 Гц.

В состав аэрозольного комплекса вводится диффузионный спектрометр аэрозоля (ДСА) для расширения диапазона измерения дисперсного состава (3 ... 200 нм) и многоугловой нефелометр, позволяющий регистрировать матрицу аэрозольного рассеяния.

В газоаналитический комплекс вводится солнечный спектрофотометр для определения интегрального содержания загрязняющих газов в толще атмосферы; на борту самолета устанавливается газовый хроматограф ХПМ-4 для проведения анализа в ходе полета.

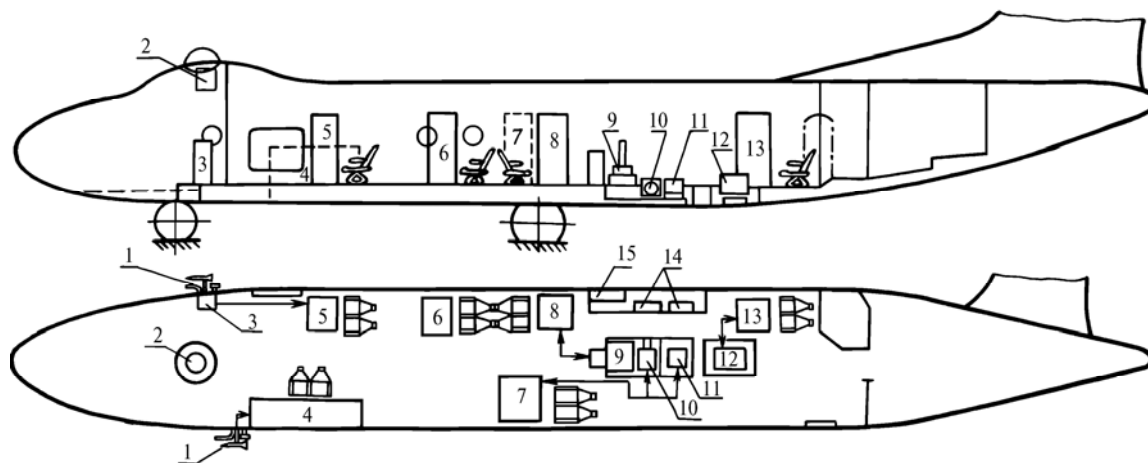


Рис. 4. Размещение оборудования на самолете Ан-30 «Оптик-Э»; 1 — блоки заборников воздуха и датчиков; 2 — солнечный спектрофотометр; 3 — стойка первичных преобразователей газо- и аэрозольного комплекса; 4 — хроматограф; 5 — нефелометрический комплекс; 6 — центральная ЭВМ; 7 — регистрирующая аппаратура спектрофотометрического комплекса; 8 — регистрирующая аппаратура лидара; 9 — лидар; 10 — спектрофотометр; 11 — радиометр; 12 — тепловизор; 13 — регистрирующая аппаратура тепловизора; 14 — щит электропитания; 15 — навигационный комплекс

С учетом опыта эксплуатации бортовых лидаров «Макрель-2» и «Светозар» разработан новый лидар, объединяющий достоинства предыдущих. В него вводится СКР-канал для определения концентрации веществ в выбросах предприятий.

Спектрометр и радиометр модернизированы в части оптико-механических узлов с целью получения изображения подстилающей поверхности в разных спектральных интервалах. Кроме того, в состав самолета-лаборатории вводится тепловизор ТВ-03 для проведения съемки тепловых загрязнений.

Подвергаются модернизации бортовые системы регистрации. Основным элементом системы регистрации становятся ЭВМ типа IBM PC/AT-286, которые объединяются в локальную сеть ARCNET с центральной машиной IBM PC/AT-386.

Для улучшения привязки данных к местности на борт предполагается установить навигационную систему NAVSTAR.

Введение в состав самолета-лаборатории Ан-30 «Оптик-Э» дополнительного оборудования потребовало перепланировки размещения приборов в салоне. Эта работа была выполнена в 1991 году совместно с ОКБ им. О.К. Антонова. Новый вариант размещения приборов в модернизированном самолете-лаборатории Ан-30 «Оптик-ЭМ» представлен на рис. 4. В особых комментариях этот рисунок не нуждается.

В заключение приведем список работ, которые может выполнить модернизированный самолет-лаборатория Ан-30 «Оптик-ЭМ». К ним относятся:

исследование регионального и трансграничного переноса газовых и аэрозольных загрязнений воздуха;

контроль городских загрязнений с привязкой по предприятиям, изучение рассеяния примесей и ареала их распространения вокруг города: расчет баланса городских загрязнений;

экологическая экспертиза территорий и регионов; измерение теплового загрязнения воздуха: контроль газо- и нефтепродуктов в атмосфере;

определение радиационной температуры подстилающей поверхности:

зондирование поверхности океана, в том числе определение мутности верхнего 30-метрового слоя, наличия в нем хлорофилла, наличия выбросов загрязнений в воде, пленки нефтепродуктов на ее поверхности и ее размеры; измерение глубины дна на мелководье;

зондирование лесных массивов: измерение высоты деревьев, изучение спектрального альбеда леса для выделения участков с большими деревьями.

1. Хргиан А.Х. Очерки развития метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1948. 349 с.
2. Аппаратура дистанционного зондирования параметров атмосферы. Томск: ТФ СО АН СССР, 1987. 156 с.
3. Huebert B.J., Lee G., Warren W.L. //J. Geophys. Res. 1990. V. 95. D10. P. 16369–16281/
4. Назаров Л.Е. //Труды ИЭМ. 1985. Вып. 9 (124). С. 76–81.
5. Беляев С.П., Махонько К.П. //Труды ИЭМ. 1972. Вып. 1 (33). С. 40–54.
6. Badzioch S. //Brit. J. Appl. Phys. 1959. № 10. P. 26–30.
7. Беляев С.П., Гончаров Н.В., Дубровин М.А. //Труды ИЭМ. 1980. Вып. 25 (93). С. 31–37.
8. Schnell R.C., Watson T.B., Bodhaine B.A. //J. Atmos. Chem. 1989. V. 9. № 1–3. P. 3–16.
9. Tuck A.F., Watson R.T., Condjn E.P. //J. Geophys. Res. 1989. V. 94 D 9. P. 11181–11222.
10. Garstang M., Browell E., Sachse G. et al. //J. Geophys. Res. 1988. D 93 № 2. P. 1528–1550.

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
29 мая 1992 г.

V.E. Zuev, B.D. Belan, D.M. Kabanov, V.K. Kovalevskii,
D.Yu. Lukyanov, V.E. Meleshkin, M.K. Mikushev, M.V. Panchenko,
I.E. Penner, E.V. Pokrovskii, S.M. Sakerin, S.A. Terpugova, G.N. Tolmachev,
A.G. Tumakov, V. S. Shamanaev, A.I. Shcherbatov. **An Airborne the UV-Spectral Region.**

This paper presents a description of an airborne laboratory aimed at ecological monitoring of the atmosphere and underlying surface, including water surfaces. Specifications of the instrumentation used in this laboratory are given. Some questions on the correctness of the airborne measurements are discussed. A summary of applications of this airborne laboratory is presented.