

УДК 537.872

## **ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЛЕТАЮЩИХ ЛАБОРАТОРИЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ ФАКЕЛОВ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ**

*Ю. М. Лотошников, Ю. Н. Журавлева*

Государственное унитарное предприятие «НПО "Орион"», Москва, Россия

*Дано обоснование необходимости исследования характеристик оптического излучения факелов баллистических ракет (БР) и целесообразность проведения этих исследований с борта самолетных лабораторий при реальных пусках. Приведены краткие сведения о разработанных самолетных спектрометрах и радиомерах для укомплектования летающих лабораторий и дано описание шести самолетных лабораторий, функционировавших в период с 1965 по 1994 г. Дана общая характеристика выполненных исследований и полученных экспериментальных материалов. Проведен анализ основных закономерностей ИК-излучения факелов БР, установленных в ходе летных исследований. Показана необходимость возобновления этих исследований.*

В 60-х годах в разгар "холодной войны" были начаты работы по созданию космической системы предупреждения о ракетном нападении, которая могла обнаруживать пуски баллистических ракет по ИК-излучению их факелов [1]. В те годы создание такой системы стало важнейшей государственной задачей. Разработка космического тепловыделителя для системы предупрежде-

ния была достаточно сложной научно-технической проблемой, решить которую было практически невозможно без информации о спектроэнергетических характеристиках излучения (СЭХИ) факелов БР.

В связи с этим в ряде организаций были развернуты теоретические и экспериментальные работы, направленные на исследование оптического излучения факелов ракетных двигателей. Так, в Военной академии им. Ф. Э. Дзержинского под руководством А. Н. Изнара с помощью модернизированного спектрометра ИКС-2 были выполнены исследования СЭХИ факелов ракетных двигателей в стендовых условиях. В НИИ прикладной физики под руководством М. Ж. Сагадеева с помощью разработанного им скоростного спектрометра БРС были исследованы СЭХИ факелов противосамолетных ракет. Кроме того, совместно с НИИ-4 измерены СЭХИ факелов БР при пусках с полигона "Капустин Яр".

Анализ результатов этих исследований показал, что факел является селективным излучателем, основная доля энергии которого сосредоточена в полосах излучения продуктов сгорания углеводородных топлив — паров воды и углекислого газа, центрированных в области длин волн 2,7 и 4,3 мкм. Это излучение почти полностью поглощается атмосферными газами на сравнительно коротких приземных трассах. Из этого следовал весьма важный практический вывод о необходимости проведения исследований ИК-излучения факелов БР с помощью аппаратуры, вынесенной за пределы плотных слоев атмосферы.

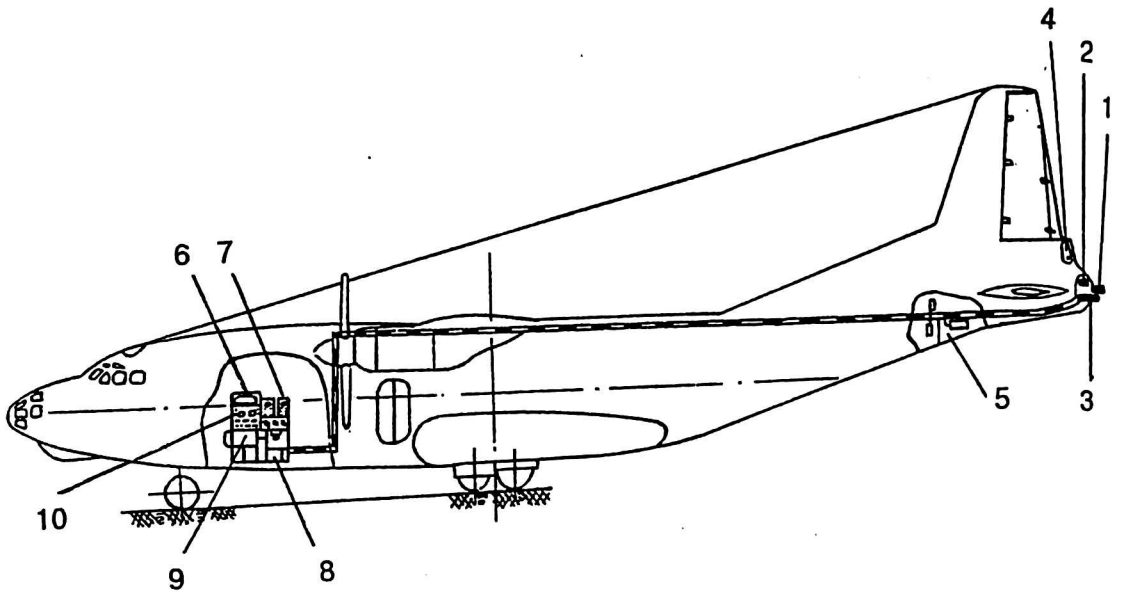
### Самолетная лаборатория Ан-8

В начале 1964 г. И. И. Гребенщиков (НИИ-4) предложил установить измерительную аппаратуру на борту самолета с тем, чтобы исключить или хотя бы уменьшить влияние поглощения атмосферы на результаты исследований. В НИИ ПФ и НИИ-4 начались работы по созданию самолетной лаборатории. В качестве носителя выбрали военно-транспортный самолет Ан-8. Этот самолет имел кормовую оружейную станцию, удобную для установки на ней измерительных приборов, и мог взлетать практически с любого аэродрома и летать на высотах до 8 км.

В НИИ ПФ разработали и изготовили быстродействующий самолетный спектрометр БРС-2М (двойной призмный монохроматор нулевой дисперсии, сканирование спектра средней щелью, расположенной на вращающемся диске). Краткие технические характеристики прибора приведены в таблице [2].

Летом 1965 г. сотрудники НИИ ПФ и НИИ-4 оборудовали самолетную лабораторию Ан-8. На рис. 1 представлена схема размещения измерительной аппаратуры на самолете Ан-8. Оптико-механическая часть спектрометра — монохроматор с входным объективом была установлена на турели кормовой оружейной станции (рис. 2). Пульт управления, усилительно-регистрирующая аппаратура и блоки питания находились в передней гермокабине. Наведение спектрометра на факел летящей ракеты производил оператор кормовой прицельной станции, соединенной синхронным приводом с турелью. Достаточно уверенное сопровождение цели малым полем зрения спектрометра (7,5х13,5 угл. мин) обеспечивалось подачей в шлемофон оператора сигнала "обратного контроля", возникающего при попадании изображения цели во входную щель монохроматора. Устройство "обратного контроля" с успехом применялось позже на летающих лабораториях (л/л) Ту-16 и Ан-12.





**Рис. 1. Схема размещения аппаратуры на самолете-лаборатории Ан-8:**  
 1 — спектрометр; 2 — радиометр; 3 — кинокамера; 4 — оптический визир;  
 5 — блоки питания; 6 — магнитофон; 7, 9 — осциллографы; 8 — блоки системы единого времени; 10 — пульт управления

Осенью 1965 г. начались летные измерения, в ходе которых был накоплен опыт эксплуатации измерительных приборов на борту л/л и проведения летных экспериментов. Определился необходимый состав приборов в дополнение к спектрометру: радиометр ИБР [3] (большое поле зрения которого позволяло непрерывно регистрировать излучение факела) и фотокамера типа РФК-5 (которая давала дополнительную информацию о размерах и положении цели в поле зрения аппаратуры, необходимую при обработке материалов измерений). Была разработана методика летных измерений, которая, в частности, предусматривала составление маршрутов полета самолета-лаборатории (рис. 3). К моменту старта ракеты самолет должен находиться в "начальной точке измерений" А и лететь с таким курсом, чтобы корма была направлена в сторону старта С. После старта ракеты самолет начинал разворот таким образом, чтобы его корма была все время направлена в сторону ракеты. Позднее по этой схеме выполнялись полеты л/л Ту-16 № 1902 и Ан-12, что давало возможность сопровождать цель на всем активном участке полета.

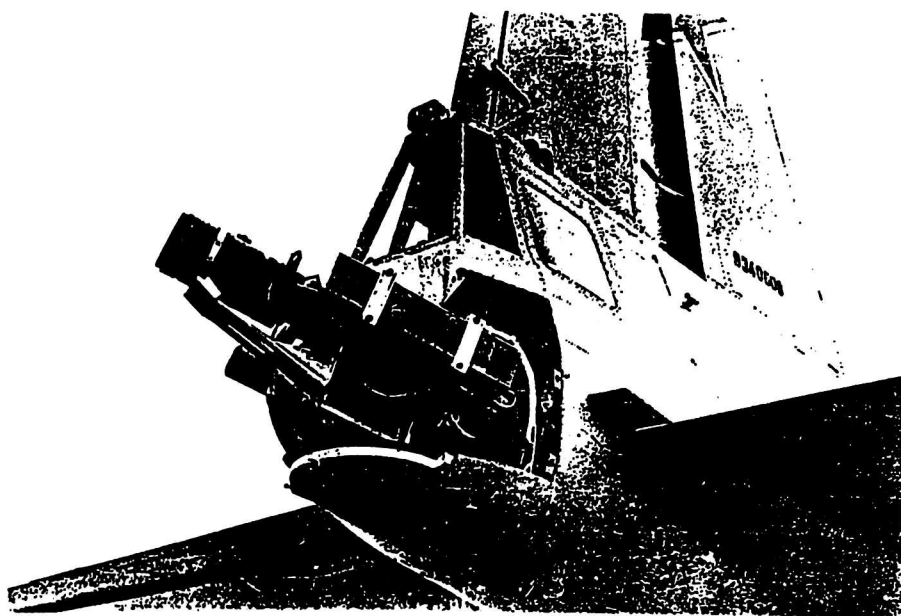


Рис. 2. Измерительные приборы на корме самолета-лаборатории Ан-8

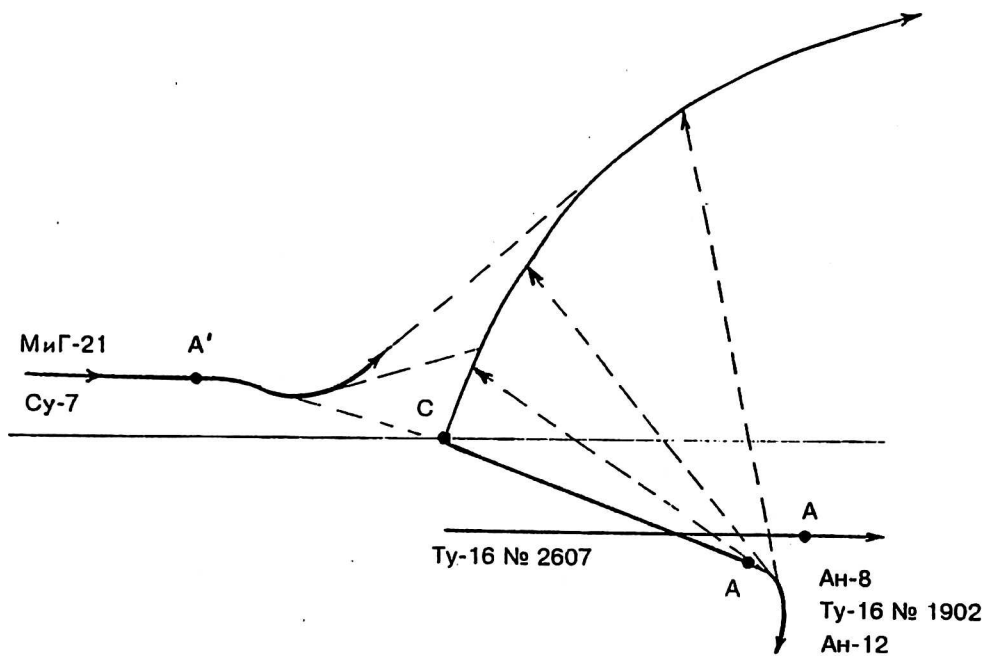


Рис. 3. Схема выполнения полетов самолетных лабораторий

Самолет-лаборатория Ан-8 функционировал до 1973 г. С его помощью были получены характеристики излучения факелов первых и частично вторых ступеней различных типов БР и ракетносителей космических объектов.

### Самолетные лаборатории МиГ-21У и Су-7У

Анализ результатов, полученных с борта л/л Ан-8, показал, что максимальная высота полета этой л/л 8 км оказалась недостаточной для исключения влияния приземных слоев атмосферы на результаты измерений. Поэтому в 1968 г. начались работы по созданию высотных л/л на базе истребителей МиГ-21У и Су-7У. Работы по оборудованию и эксплуатации этих л/л выполнял НПО "Взлет".

На самолет МиГ-21У установили радиометр ДП-293, разработанный и изготовленный в ГОИ, и фотокамеру РФК-5. Оптико-механическая головка радиометра и фотокамера были размещены в приборном отсеке перед кабиной пилота и закрыты специальным обтекателем. Усилительно-регистрирующая аппаратура, блоки питания и управления смонтировали на специальной стойке во второй кабине (рис. 4).

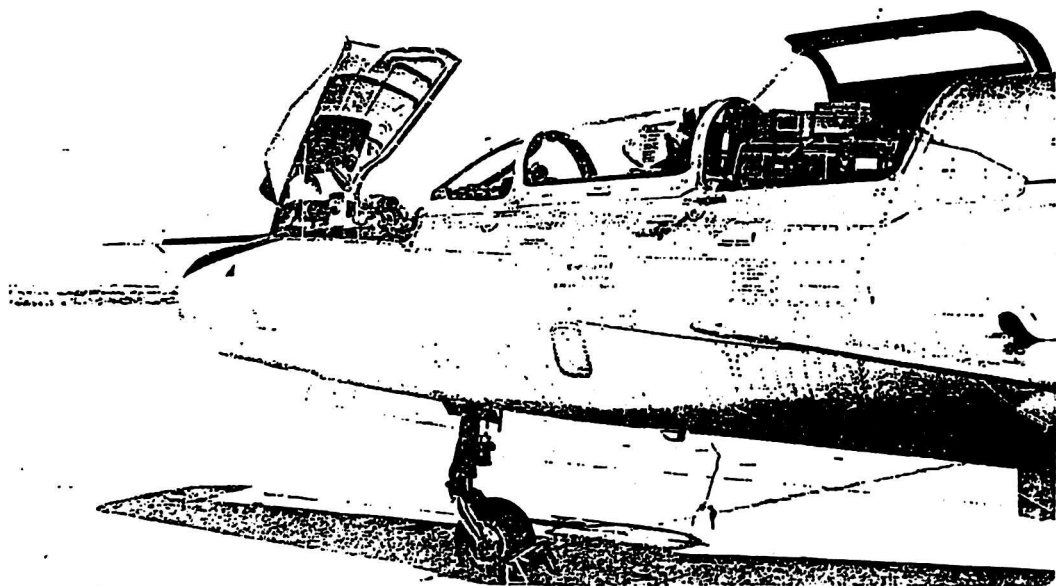


Рис. 4. Самолетный измерительный комплекс МиГ-21У

На самолет Су-7У установили аппаратуру НИИ ПФ: быстродействующий спектрометр БРС-4 [2], инфракрасный радиометр ИБР [3] (см. таблицу), а также фотокамеру РФК-5. Оптико-механические блоки этих приборов раз-

местили в двух специальных подвесных контейнерах, закрепленных на пилонах под фюзеляжем самолета. Усилительно-регистрирующую аппаратуру, блоки питания и управления расположили во второй кабине. Наведение приборов на цель производили пилоты маневрированием самолетов.

Летные измерения л/л МиГ-21У начались в 1969 г., Су-7У — в 1970 г. Полеты выполнялись по схеме, представленной на рис. 3.

Примерно за 20 мин до старта ракеты самолет-лаборатория производил взлет и с набором высоты уходил в зону измерений, где на высоте 10—12 км разогнался до максимальной скорости, и к моменту старта ракеты выходил в начальную точку измерений А'. После обнаружения ракеты пилот, маневрируя, отслеживал “вдогон” цель, поднимаясь на высоту 15—17 км. Это позволяло регистрировать излучение факелов первых и частично вторых ступеней БР в заднюю полусферу до высот порядка 40 км. Измерение на больших высотах ограничивалось возможностями аппаратуры и самолетов.

Самолетные лаборатории МиГ-21У и Су-7У функционировали до 1974 г. Эксплуатация высотных л/л позволила получить новые данные о спектральном составе и суммарной силе излучения факелов ракет.

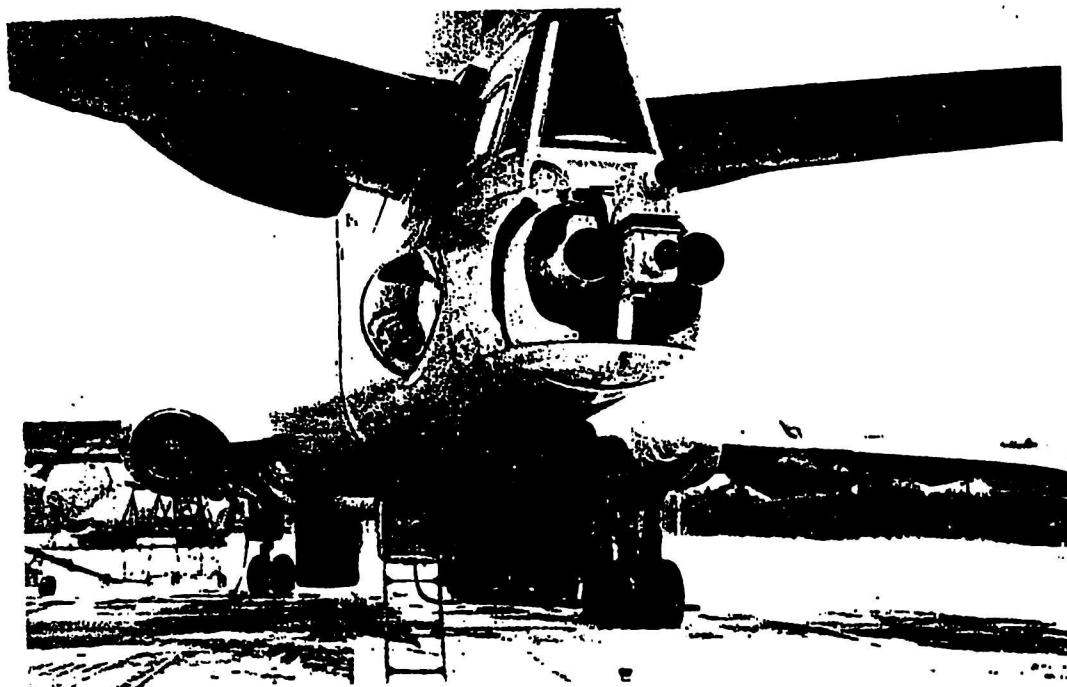
### Самолетная лаборатория Ту-16

Практика летных измерений показала, что возможности л/л Ан-8, Су-7У и МиГ-21У оказались ограниченными и не позволяли получить информацию об излучении факелов на всем активном участке полета БР. В связи с этим полеты перечисленных л/л были прекращены и начались работы по созданию новых л/л с более широкими возможностями.

В качестве носителей для новых л/л в НПО “Взлет” выбрали бомбардировщики Ту-16. Эти самолеты могли значительное время находиться на высоте 12—13 км, имели кормовую и верхнюю орудийные установки, удобные для монтажа измерительной аппаратуры. Для укомплектования двух л/л Ту-16 в ГОИ и НИИ ПФ были разработаны и изготовлены более совершенные измерительные приборы (см. таблицу).

Аппаратуру ГОИ: фотометр ИФ-76М и фотокамеру РФК-5 — установили на верхней турели самолета Ту-16 № 2607. Аппаратуру НИИ ПФ: быстродействующие спектрометры БРС-6 и БРС-6К (дифракционные монохроматоры, построенные по схеме Литтрова), радиометры ИБР-4 и ИБР-2КФ и фотокамеру ТДКС смонтировали на кормовой турели самолета Ту-16 № 1902 (рис. 5). Усилительно-регистрирующая аппаратура, источники питания и вспомогательное оборудование были, соответственно, размещены в бомболюке (л/л № 2607) и техническом отсеке (л/л № 1902). Управление аппаратурой на обоих самолетах осуществляли операторы подвесных кабин. Наведение на цель измерительных приборов производилось с помощью прицельных станций, связанных синхронными приводами с турелями. Схема полетов представлена на рис. 3.

Маршрут самолета № 2607 прокладывался параллельно линии стрельбы, а самолета № 1902 — по схеме, разработанной ранее для самолета Ан-8 и описанной выше.



*Рис. 5. Измерительная аппаратура на корме самолета-лаборатории Ту-16 № 1902*

Эксплуатация л/л Ту-16 № 2607 и № 1902 началась в 1978 г. и в 1979 г., соответственно. Успешная работа этих л/л на протяжении почти десяти лет позволила накопить большой объем экспериментальных данных об ИК-излучении факелов на всем активном участке полета БР наземного и морского базирования до высот более 200 км.

С уверенностью можно сказать, что работа этих летающих лабораторий явилась заметным этапом в развитии экспериментальных исследований излучения факелов БР. Полученные в летных измерениях уникальные данные были заложены в основу моделей излучения факелов БР и использованы при создании и совершенствовании космической системы предупреждения о ракетном нападении.

### **Самолетная лаборатория Ан-12**

В 1990 г. моторесурс самолетов Ту-16 № 1902 и № 2607 был полностью исчерпан, в связи с чем их сняли с эксплуатации. Однако необходимость

продолжения самолетных измерений в то время не вызывала сомнений, поскольку в ходе исследований возникали новые задачи, например, расширение спектрального диапазона исследований, исследование излучения газопылевого следа и др.

В качестве носителя для новой летающей лаборатории был взят военнотранспортный самолет Ан-12, на который установили весь комплект измерительных приборов с самолета Ту-16 № 1902, т. е. спектрометры БРС-6 и БРС-6К, радиометры ИБР-4 и ИБР-2КФ и фотокамеру ТДКС.

Аппаратура была размещена так же, как и на л/л Ан-8 (рис. 6). Просторная гермокабина Ан-12 позволила инженерам НИИ ПФ непосредственно участвовать в летных измерениях в качестве операторов и управлять довольно сложной измерительной аппаратурой, а также корректировать методику по ходу летного эксперимента. Для получения информации о размерах факела и поля его энергетической яркости в нескольких экспериментах дополнительно использовался сканирующий радиометр ИБР-7С, разработанный в НИИ ПФ. Кроме того, в 1992 г. в двух летных экспериментах сотрудники НИХТИ с помощью тепловизора АГА-580, включенного дополнительно в состав л/л, получили данные о температурных полях факела на различных высотах.

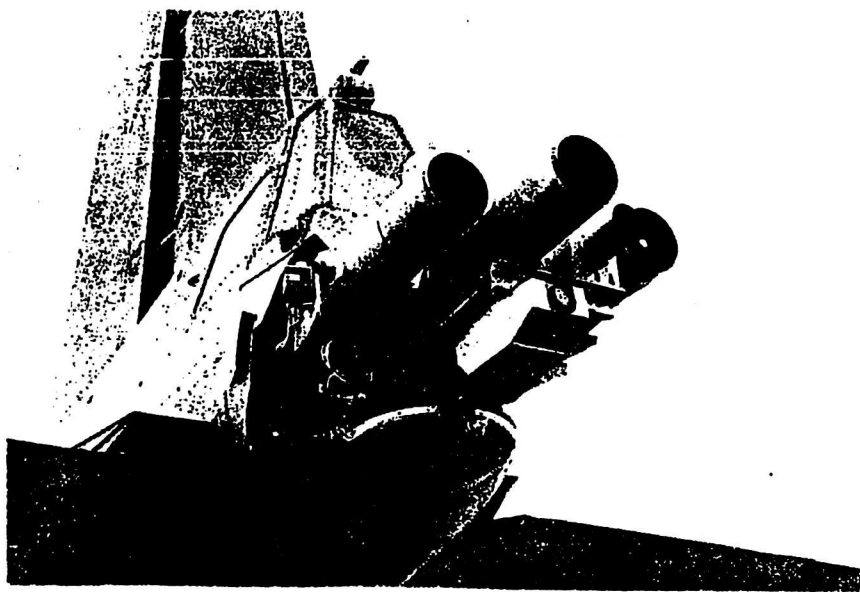


Рис. 6. Измерительная аппаратура на корме самолета-лаборатории Ан-12

Самолетная лаборатория Ан-12 функционировала с 1991 по 1994 г. В этот период продолжились исследования СЭХИ-факелов БР различных типов, были измерены характеристики ИК-излучения факелов оперативно-тактических ракет (ОТР) "Скад", "Точка" и др., а также начаты исследования характеристик излучения, размеров и времени жизни газопылевых следов гвердотопливных БР.

В 1994 г. в связи с прекращением финансирования все работы на л/л Ан-12 были свернуты, самолетная лаборатория разоборудована.

Подводя итоги многолетних экспериментальных работ по исследованию СЭХИ-факелов БР с борта л/л, выполненных в интересах создания и совершенствования космических тепlopеленгаторов для системы предупреждения о ракетном нападении, необходимо подчеркнуть большой объем проделанной работы:

спроектированы и изготовлены четыре типа быстродействующих самолетных спектрометров и несколько типов бортовых радиометров (см. таблицу);

указанными приборами были укомплектованы шесть самолетных лабораторий;

летательные лаборатории в период с 1965 по 1993 г. выполнили более 300 летных измерений, в ходе которых получен огромный объем экспериментальных материалов.

Особого внимания заслуживают результаты спектральных измерений, которые позволили обнаружить и объяснить основные закономерности излучения факелов на траектории полета ракеты.

Анализ этих материалов показал, что:

спектральный состав и общее излучение факела зависят от типа топлива и режима работы двигательной установки;

излучение факелов ракет, двигатели которых работают на твердом топливе и на смеси керосина и жидкого кислорода, имеет в спектре высокий уровень непрерывной составляющей, в значительной степени определяющей мощное излучение факелов этих ракет;

факелы ракет, двигатели которых работают на топливной смеси НДМГ+азотный тетраоксид, имеют селективный спектр и относительно невысокий уровень излучения;

спектры излучения факелов твердотопливных ракет до высот полета ~50 км имеют селективный характер. На больших высотах излучение становится непрерывным;

при включении двигателей вторых и третьих ступеней наблюдаются мощные кратковременные вспышки;

в момент выключения твердотопливного двигателя (так называемое обнуление тяги) наблюдается мощное, достаточно продолжительное селективное излучение;

по мере подъема ракеты при неизменном режиме работы двигателей общее излучение факела растет, достигает максимума на высотах 25—30 км и затем быстро падает. На высотах более 50 км излучение факела с высотой меняется незначительно;

обнаружена корреляция между общим излучением факела и режимом работы двигательной установки ракеты.

Обсуждение физико-химических процессов, объясняющих вышеперечисленные особенности излучения факелов БР, установленные нами в ходе летных исследований, выходит за рамки данной публикации.

В заключение следует отметить необходимость продолжения летных исследований излучения БР на всех участках траектории полета. Это диктуется современным уровнем проблем, стоящих перед разработчиками как ракет, так и аппаратуры по обнаружению пусков ракет и ликвидации угрозы ракетного нападения. В частности, нельзя полностью исключить возможность значительного снижения уровня излучения факелов применением специальных мер (введение в топливную смесь ингибиторов горения, использование новых видов ракетных топлив и т. п.), что естественно отразится на характере и мощности излучения факелов.

Представляет также интерес исследование в ближней УФ- и видимой области спектра излучения головных частей ракет при входе в атмосферу. По зарубежным и отечественным публикациям можно судить о том, какое большое внимание уделяется в США летным исследованиям характеристик излучения БР. В печати приводятся описания американских л/л, оснащенных аппаратурой, использующей самые современные достижения цифровой и аналоговой электроники. С помощью этих л/л проводятся измерения излучения, в том числе и российских БР в интересах создания американских систем ПРО. Поэтому вопрос о продолжении летных исследований является одним из важнейших для обеспечения безопасности страны.

#### Л и т е р а т у р а

1. Курбатов Л. Н. Очерк истории приемников ИК-излучения на основе халькогенидов свинца // Вопр. оборон. техники. Сер. 11, 1996. Вып. 1—2 (148—149). С. 3—29.
2. Арефьев А. В., Журавлева Ю. Н., Лотошников Ю. М. и др. Сканирующий спектрометр // ОМП, 1971. № 7. С. 70.
3. Бушueva Е. А., Лотошников Ю. М. и др. Телерадиометр // Там же, № 8. С. 68.

## THE HISTORY OF CREATING NATIVE LABORATORIES INTENDED FOR RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF BALLISTIC ROCKET TORCHES INFRARED RADIATION

*U. M. Lotoshnikov, U. N. Juravleva*

State Unitary Enterprise «RD&P Centre "Orion"», Moscow, Russia

*In the article is grounded the necessity of research of ballistic rockets torches optical radiation characteristics and the expediency of such research conducting at the side of aircraft laboratories by real starting. Article maintains short information on spectrometers and radiometers developed for completion of flying laboratories which functioned from 1965 to 1994. Here is given general characteristics of fulfilled research and obtained experimental materials. Article also maintains analysis of main governing laws of ballistic rockets torches infra-red radiation determined during the flying research and demonstrates the necessity of resumption of this research.*