

1 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ТЕПЛО ВАКУУМНЫХ ИСПЫТАНИЙ ИК РАДИОМЕТРА «БИК-СД1»

Программа испытаний

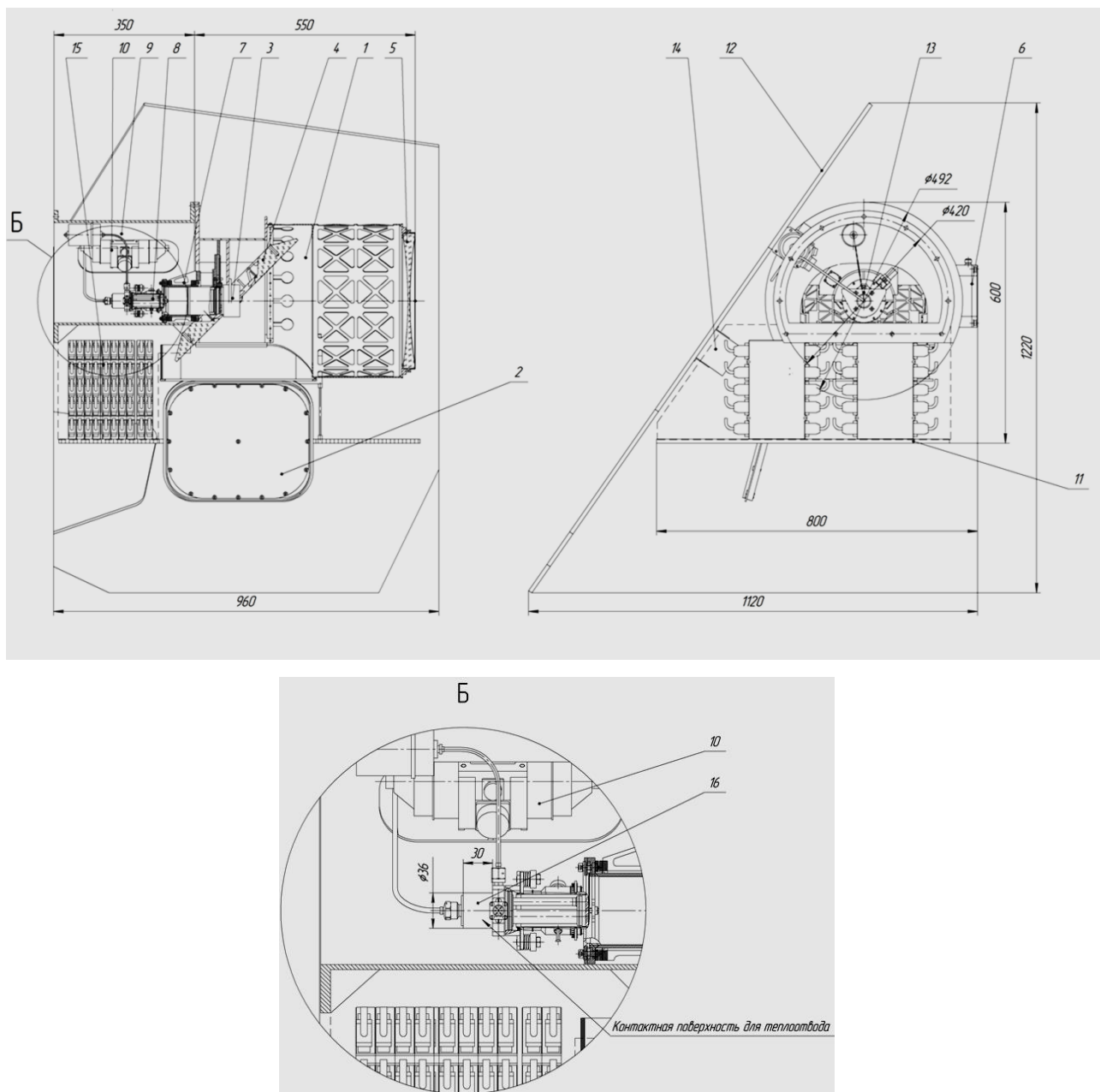
6.1. Объект испытаний

Объектом испытаний (ОИ) является опытный образец ИК радиометра.

ОИ предназначен для тепловакуумных отработочных испытаний СОТР ИК радиометра.

На опытном образце ИК радиометра установлен тепловой макет компрессора ГКМ, на всех составных частях образца установлены температурные датчики.

Основным узлом ИК радиометра (см. рисунок 6.1) является оптико-механическая система (ОМС), которая включает в себя сканирующее зеркало, механизм прецизионного сканирующего узла, фотоприемное устройство (ФПУ), механизм системы автоматизированной фокусировки (САФ), узел крышки ОМС, устройство радиометрической калибровки ФПУ, главное зеркало, компенсатор, модель чёрного тела, теплоизоляторы. Требуемый тепловой режим ОМС поддерживается с помощью пассивных средств терморегулирования (ЭВТИ, термомосты, терморегулирующие покрытия) и электронагревателей, размещенных на ее корпусе. Для обеспечения требуемого уровня температур (минус 40 ... минус 20°C) фотоприемного устройства разработан холодный контур (ХК), включающий в себя микрокриогенную систему (МКС), компрессор газовой криогенной машины, тепловую сотовую панель (ТСП)-радиационный теплообменник (РТО), тепловой аккумулятор (ТА), теплопередающие элементы (тепловые трубы-ТТ), систему управления. Требуемый уровень температур (минус 10 ... +40°C) сборок электронных блоков обеспечивается контуром термостабилизации (КТ) на основе кондуктивной передачи тепла от электронных плат к их элементам крепления и далее с помощью тепловых труб к тепловой сотовой панели-радиатору.



1 - ОМБ, 2 - крышка ОМС с АЧТ, 3 - блок корректирующих линз, 4 - сканирующее зеркало, 5 - главное зеркало, 6 - привод сканирующего зеркала с БУ, 7 - САФ, 8 - система криостатирования с ФПУ, 9 - отсек ЭБ, 10 - ГКМ, 11 - РТО для охлаждения сборок ЭБ, 12 - РТО для охлаждения МКС, 13 - ТА, 14 - БУ МКС, 15 - ЭБ СУ и БОИ, 16 - охладитель МКС

Рисунок 6.1. Конструктивно-компоновочное исполнение ИК радиометра «БИК-СД1» (предварительно)

Краткое описание СОТР ИК радиометра, предназначенного для летной эксплуатации.

СОТР ИК радиометра включает в себя холодный контур (ХК) и контур термостабилизации (КТ).

Холодный контур предназначен для обеспечения требуемых рабочих температур фотоприемного устройства, его фоточувствительного элемента, компрессора газовой криогенной машины и фоновзащитного экрана. В состав ХК входят: газовая криогенная машина в составе микрокриогенной системы и компрессора, тепловая сотопанель с тепловыми трубами-РТО, тепловой аккумулятор, теплопроводы (тепловые трубы, термомосты).

Контур термостабилизации предназначен для обеспечения требуемых температур сборок блоков электроники. КТ включает в себя термомосты, элементы крепления электронных плат, тепловую сотопанель-РТО, теплопроводы (тепловые трубы).

Термостабилизация корпуса, зеркал, линзового блока и др. оптико-механической системы осуществляется с помощью электронагревателей с блоком их управления и пассивных средств терморегулирования (ЭВТИ, термомосты, терморегулирующие покрытия). В исходном состоянии электронагреватели отключены.

Управление электронагревателями осуществляется автоматически по показаниям температурных датчиков и по управляющим командам. Тип управляющих температурных датчиков - цифровые термометры DS18S20.

Требования к системе обеспечения теплового режима, подтверждаемые при ТВИ, приведены ниже.

Обеспечение требуемого рабочего интервала температуры ОМС основано на использовании пассивных средств терморегулирования (ЭВТИ, терморегулирующих покрытий, термомостов), теплового аккумулятора, электрообогревателей, тепловых труб и др. Тепловой режим фоточувствительного элемента на уровне температур в рабочем режиме 60 – 65 К обеспечивается работой криогенной газовой машины (КГМ), состоящей из микрокриогенной системы (МКС) и компрессора. При этом температура корпуса компрессора газовой криогенной машины и головки охладителя ФПУ

должна быть на уровне не выше 253 К во время рабочего режима радиометра (сеанса съемки).

Тепловой режим ИК радиометра определяется лучистыми тепловыми потоками от Солнца и Земли, падающими на изделие, циклограммой тепловыделения бортового оборудования, сбросом тепла в окружающее пространство с помощью радиационного теплообменника, а также элементами конструкции.

Эксплуатация ИК радиометра в составе типового изделия разработки КБ «Арсенал» предполагается на круговой орбите высотой от 600 до 1000 км, наклонением от 62 до 65 градусов. Для имитации поглощенных внешними поверхностями ИК радиометра тепловых потоков, в тепловакуумной камере необходимо установить ИК имитатор, разработанный на основе керамических ИК нагревателей.

6.2 Цели и задачи испытаний

6.2.1 Целью тепловакуумных испытаний (ТВИ) опытного образца ИК радиометра является экспериментальное исследование теплового режима радиометра, при имитации внешних и внутренних тепловых воздействий, характерных для условий эксплуатации, проверка соответствия фактических значений характеристик СОТР требованиям ТЗ и проверка готовности к следующему этапу эксплуатации.

6.2.2 При проведении тепловакуумных испытаний решаются следующие задачи:

- проверка соответствия схемы установки ОИ на стенде целям и задачам эксперимента.
- проверка работоспособности тепловых имитаторов, системы криостатирования и системы измерения;
- экспериментальное определение и проверка соответствия фактических значений характеристик СОТР требованиям ТЗ;

- определение теплового режима элементов конструкции радиометра на участках орбиты:
 - на рабочих участках (съёмка, калибровка);
 - на нерабочих (дежурных) участках;
 - на переходных режимах (подготовка к съёмке, выход из режима);
- экспериментальная проверка и уточнение математической модели СОТР изделия;
- проверка работоспособности теплового аккумулятора в рабочем режиме;
- исследования процесса регенерации ТА;
- проверка стабильности режимов работы СОТР;
- подготовка рекомендаций по совершенствованию СОТР (при необходимости).

6.3 Общие положения

Перечень документов, на основании которых проводят испытания.

Настоящая программа и методика тепловакуумных испытаний ИК радиометра «БИК-СД1» составлена в соответствии с Частным техническим заданием на выполнение опытно-конструкторской работы «Уточнение проектных характеристик и научно-техническое сопровождение процесса создания системы обеспечения теплового режима опытного образца многоспектрального широкозахватного ИК радиометра высокого разрешения» в рамках ОКР «УФИК», а также в соответствии с требованиями «Положения РК-98-КТ», РК-11, ГОСТ В 22571-77, ГОСТ РВ 15.211, ГОСТ РВ 15.203, ГОСТ РВ 15.210.

ТВИ радиометра предполагается проводить на тепловакуумном стенде «Луч» отдела 2104.

На испытания представляются следующие документы:

- Формуляр;

- Техническое описание;
- Ведомость комплектации;
- Технологический план испытаний;
- Программа и методика тепловакуумных испытаний;
- Программа и методика механосборочных работ;
- Программа и методика электрических испытаний;
- Тепловакуумные испытания. Перечень измеряемых параметров;
- Изделие тепловакуумное. Схема электрическая общая;
- Изделие тепловакуумное. Схема электрическая соединений;
- Тепловакуумные испытания. Схема электрическая общая;
- Тепловакуумные испытания. Схема электрическая соединений;
- инструкция № 56-11 по охране труда при проведении экспериментов на стенде "Луч" отдела 2104;
- руководство по эксплуатации стенда " Луч".

На испытания поставляется опытный образец ИК радиометра, который должен пройти полный объём проверок:

- примерки изделия с испытательной оснасткой;
- электрические испытания.

Место, продолжительность проведения испытаний

Испытания проводятся на тепловакуумном стенде «Луч» (в лабораторном зале 7109 корпуса 82-7 ФГУП ЦНИИмаш). Схема стенда «Луч» с помещенным в камеру ОИ, представлена на рисунке 6.2. Лабораторный зал 7109 удовлетворяет требованиям, предъявляемым к помещениям испытательных лабораторий и к помещениям, в которых выполняются работы с грузоподъемными механизмами.

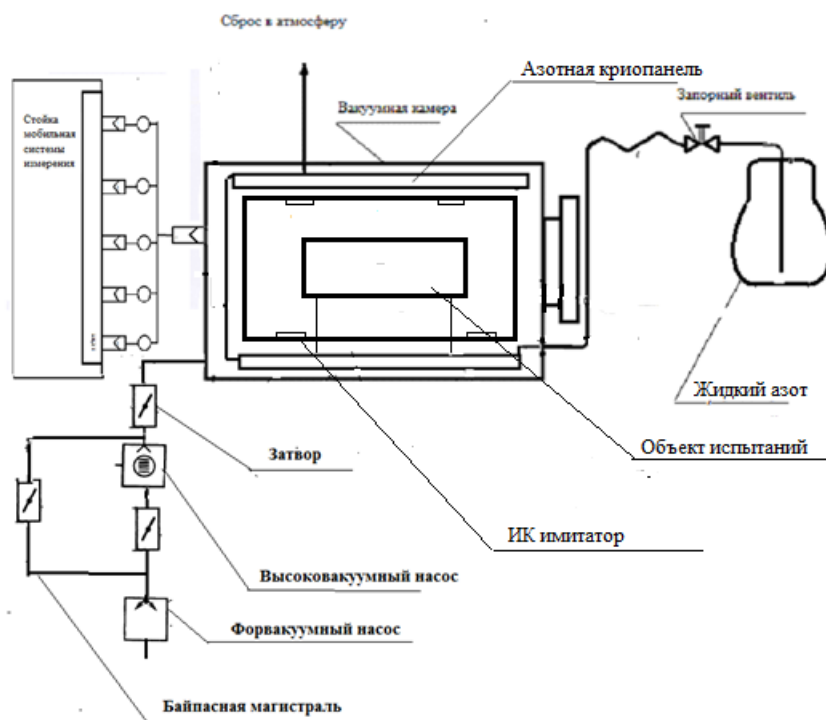


Рисунок 6.2. Схема стенда «Луч

В состав тепловакуумного стенда «Луч» (Инв. 4320604) отдела 2104
ВХОДЯТ:

- вакуумная камера с размерами рабочего объема $D=1500$ мм, $L=2200$ мм;
- охлаждаемые жидким азотом криопанели $D=1300$ мм, $L=1800$ мм, $T_{кр} \leq -160^\circ\text{C}$, $A_s \geq 0.92$, $\epsilon \geq 0.94$;
- ИК имитатор внешней тепловой нагрузки на основе керамических ИК нагревателей, обеспечивающий на поверхности ОИ поток плотностью до 800 Вт/м^2 ;
- безмасляная система вакуумирования, обеспечивающая вакуум $P \leq 10^{-4}$ мм рт.ст.;
- система водяного охлаждения;
- система вентиляции;

- система электропитания;
- автоматизированная система измерения температур и лучистых потоков на ОИ.

Испытания проводятся в один этап без выемки изделия из камеры. В случае необходимости допускается извлечение ОИ из камеры. Однако, в этом случае, при последующих испытаниях необходимо провести дегазацию камеры. Планируемая продолжительность испытаний составляет 10 суток.

Метод испытаний заключается в воспроизведении условий функционирования ОИ, максимально приближенных к натурным, и снятия показаний приборов, характеризующих работу СОТР. Более подробно метод испытаний приведен в разделе «Методика испытаний».

Перед проведением испытаний должна быть проведена проверка работоспособности оборудования стенда.

Перед проведением испытаний должны быть представлены акты о проведении испытаний отдельных систем.

В испытаниях участвуют представители отдела 1034 и ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина».

При необходимости в программу испытаний могут быть внесены изменения. Внесение изменений в программу и методику испытаний осуществляется в соответствии с ГОСТ 2.503-90.

6.4 Объем испытаний

Подготовка к первому режиму испытаний состоит из вакуумирования и захолаживания камеры, тарировки ИК-нагревателей для обеспечения требуемой плотности поглощенных тепловых потоков. При захолаживании камеры вести постоянный (с частотой не менее 1 мин⁻¹) контроль температур составных частей ИК радиометра.

Объем измерений. В соответствии с требованиями ГОСТ РВ 15.211 2002 объем измерений должен быть достаточным для статистической надежности оценок определяемых характеристик. При хорошей повторяемости результатов

следует ограничиться тремя циклами испытаний.

Перечень работ, проводимых после завершения испытаний

После завершения испытаний проводится отсоединение (отключение) магистралей подачи криоагента в криопанели. При необходимости производится подача атмосферного воздуха в вакуумную камеру, открытие поворотной крышки камеры и извлечение ОИ. Подача атмосферного воздуха в камеру производится после прогрева крипанелей до температуры 2 - 3°C.

В случае отсутствия такой необходимости камера остается под вакуумом, что облегчает процесс ее обезгаживания при последующих экспериментах.

Проверке и отработке при ТВИ подлежат:

- значения температур конструкции ИК радиометра в указанных выше режимах его штатной эксплуатации при экстремальных внешних и внутренних тепловых нагрузках;

Перечень и диапазоны допустимых изменений температур, характеризующих выполнение требований ТЗ, приведены выше в п.1.1.

При проведении ТВИ на всех режимах контролируются следующие параметры:

- температуры составных частей ИК радиометра;
- плотности поглощенных тепловых потоков на соответствие требованиям программы управления ИК-нагревателями;
- состояние ЭН («Включен» - «Отключен»);
- мощности тепловыделения тепловых макетов, Вт;
- мощности ЭН, Вт;
- время, мин.

Частота опроса параметров определяется исходя из скорости их изменения, и устанавливается по ходу эксперимента.

Проводится анализ аварийных ситуаций СОТР.

Испытания проводятся в один этап без выемки изделия из камеры. Этап состоит из указанных выше 3 режимов. Ориентировочная продолжительность режимов испытаний указана в таблице 6.1.

Таблица 6.1. Продолжительность режимов испытаний

Номер режима	Наименование режима	Ориентировочная продолжительность, час
1	Исследование теплового режима на рабочем участке	0.5
2	Исследование теплового режима на дежурном участке	3
3	Исследование теплового режима на переходном участке	1

Перечень и диапазоны допустимых изменений температур, характеризующих выполнение требований ТЗ, приведены в разделе 6.1.

6.5 Условия, режимы, порядок, место проведения, виды и этапы испытаний

Тепловой режим ИК радиометра в полете определяется лучистыми тепловыми потоками от Солнца и Земли, падающим на изделие, циклограммой тепловыделения бортового оборудования, сбросом тепла в окружающее пространство с помощью радиационного теплообменника, а также элементами конструкции.

Для имитации поглощенных внешними поверхностями ИК радиометра тепловых потоков, в тепловакуумной камере необходимо устанавливается ИК имитатор. Для компенсации утечек тепла по установочным элементам на подставке ОИ установлены секции электрообогрева.

Испытания проводятся в условиях, максимально приближенных к условиям штатной эксплуатации:

- давление в ТВК не больше $1,33 \times 10^{-3}$ Па (1×10^{-5} мм рт. ст.);
- температура азотных экранов не выше минус 100 К;
- имитация внешних тепловых потоков посредством ИК имитатора;
- имитация штатного энергопотребления составных частей ИК радиометра.

Испытания проводятся в один этап без выемки изделия.

Испытания проводятся методом воспроизведения поглощенных внешней поверхностью объекта тепловых потоков согласно ОСТ 92-9698-91.

Поглощенные внешней поверхностью тепловые потоки имитируются ИК имитатором, являющимся принадлежностью испытательной камеры. Для контроля величины падающих тепловых потоков на внешних поверхностях объекта испытаний отделом 2104 устанавливаются датчики тепловых потоков. В процессе испытаний допускаются перерывы. При этом, для исключения воздействия на объект испытаний влаги он должен находиться в камере стенда. Допускается извлечение ОИ из камеры после прогрева криопанелей до температуры 2 – 3 °С для устранения неисправностей, возникших в процессе испытаний. После каждого извлечения ОИ из камеры он подвергается дегазации.

Меры по обеспечению безопасности и безаварийности проведения испытаний. Личный состав, участвующий в проведении испытаний, должен быть аттестован и иметь группу по электробезопасности не ниже третьей до 1000В.

При подготовке и проведении испытаний должны соблюдаться правила безопасности труда, Правила техники безопасности (ПТБ, ПТЭ, ПУЭ) и

действующие в отделе 2104 меры безопасности, установленные инструкцией № 56-11 по охране труда при проведении экспериментов на стенде "Луч" отдела 2104 и инструкцией по эксплуатации стенда «Луч».

Работы по подготовке, проведению испытаний на тепловакуумном стенде "Луч", а также техническое обслуживание его систем должны выполняться персоналом, специально обученным и аттестованным на право выполнения технологических операций и соответствующих видов работ:

- обслуживание грузоподъемного механизма в качестве оператора;
- обслуживание электрооборудования, имеющие II группу по электробезопасности до 1000 В;
- работы с вредными веществами (ЛВЖ, ГЖ и др.).

При выполнении работ должна исключаться возможность включения турбомолекулярного насоса при давлении выше 10^{-1} Па.

Рабочие места и проходы должны обеспечивать безопасную работу персонала. Не допускается загромождение проходов и рабочих мест приборами и оборудованием, соединительными кабелями, проводами.

В случае утечки жидкого азота немедленно принять меры к перекрытию запорной арматуры, оградить места утечки, открыть окна.

В процессе проведения испытаний на тепловакуумном стенде не допускается:

- подсоединять и отсоединять датчики измерения давления ПМТ 2 и ПМИ 10;
- отсоединять магистрали подачи криоагентов;
- производить отстыковку герморазъемов автоматизированной системы измерений.

Во время испытаний обслуживание оборудования не проводится.

6.6 Материально-техническое обеспечение испытаний

Процесс проведения испытаний должен быть обеспечен достаточным

количеством жидкого азота из расчета 25 литров на один час работы стенда.

Для хранения азота используются криогенные емкости - цистерна ЦТК 8/0,25 (допускается применение сосудов Дьюара СК 25),

Азот должен быть доставлен не ранее чем за два дня до начала испытаний.

Для подготовки камеры к испытаниям необходима кран-балка грузоподъемностью не менее одной тонны и соответствующие грузозахватные приспособления.

В проведении испытаний участвует личный состав отдела 2104:

- начальник сектора – осуществляет общее руководство испытаниями;
- ведущий инженер – руководит и принимает непосредственное участие в сборке стенда и подготовке его к испытаниям;
- слесарь-механик - осуществляет сборку стенда и подготовку его к испытаниям;
- старший научный сотрудник – проводит оперативный анализ хода испытаний и его промежуточных результатов. При необходимости готовит предложения по корректировке программы и методики испытаний.

6.7 Метрологическое обеспечение испытаний

Метрологическое обеспечение испытаний осуществляется в соответствии с ГОСТ РВ 8.570.

Метрологическое обеспечение испытаний должно отвечать требованиям ГОСТ РВ 8.570-98 и соответствовать действующим на предприятии нормативным документам.

Все измеряемые параметры: температуры, энергетические освещенности и мощности энергопотребления относятся ко второй категории точности по ОСТ 92-4251-87.

Допуск на интенсивность теплового потока ИК-нагревателя $\pm 10\%$.

Допустимая погрешность СИ температуры $\pm 1^\circ\text{C}$.

Допустимая погрешность СИ потребляемой электрической мощности

±5%.

Перед началом испытаний предприятие, проводящее испытания, выпускает справку о величинах погрешностей измерений.

Погрешность измерения борта в соответствии с паспортом на первичные преобразователи.

Личный состав, участвующий в проведении измерений, должен быть подготовлен в вопросах эксплуатации средств измерений.

Измерения должны проводится по стандартизованным и аттестованным методикам в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563-89.

Измерения в процессе испытаний проводятся поверенными (откалиброванными) приборами. Перечень применяемых измерительных средств приведен в Таблице 6.2.

Таблица 6.2.Перечень применяемых измерительных средств

№ п.п.	Назначение (наименование) средства измерения	Название средства измерения	Измеряемый параметр, размерность, диапазон измерений
1	Вакууметр	«Мерадат – ВИТ19»	Давление, 10^{-2} Па – 10^{-4} Па
2	Вакууметр	«Мерадат – ВИТ 14»	Давление, 10Па – 10^{-2} Па
3	Широкодиапазонный модуль для измерения вакуума	Micro ion plus GRAVILLE-PHILLIPS	Давление, 10^5 Па – 10^{-7} Па
4	Автоматизированная система измерений температур и лучистых потоков.	Автоматизированная система измерений тепловакуумного стенда «Луч». В нее входят измерительная установка крейт LTR-U-16-1 и модуль	Температура, К, Тепловой поток, Вт/кв.м (в видимом диапазоне и ИК

		измерительный LTR27	диапазоне)
5	Датчики температуры	Heraeus Sensor Technology C220	Температура, (°C), (от минус 196 до +150)
6	Датчики теплового потока	ДТП -0924	Плотность теплового потока, Вт/м², 10...2000.
7	Цифровые термометры	DS18S20	Температура, (°C), (- 30 до +400)

6.8 Обеспечение защиты государственной тайны

Конструкция и характеристики ИК радиометра, бортовой аппаратуры и служебных систем, разрабатываемая документация не должны содержать сведений, составляющих государственную тайну.

Результаты работ, выполненные по настоящей Программе и методике, запрещается передавать в другие организации, использовать в дипломных работах, открытых публикациях и передавать в другие организации без согласования с Заказчиком и Исполнителем данной работы.

6.9 Отчетность

По результатам тепловакуумных испытаний подразделение, проводящее испытания (отдел 2104), выпускает акт, технический отчет, отражающий ход и результаты испытаний, и заключение о ТВИ (в соответствии с ОСТ 92-4758-87).

К отчету прилагаются результаты измерений температур по каждому каналу измерения и мощностей ЭН для всех режимов испытаний в электронном виде (на компакт-диске) в табличном и графическом виде в формате *.xls.

Технический отчет выпускается в течение 30 дней после окончания испытаний.

Методика испытаний

6.10 Основные параметры, определяемые при испытаниях

При испытаниях определяются следующие основные параметры

На всех режимах контролируются:

- температуры составных частей ИК радиометра;
- плотности тепловых потоков, создаваемых ИК имитатором;
- состояние ЭН («Включен» - «Отключен»).

Мощность теплового имитатора компрессора ГКМ и БУ

В процессе испытаний измеряются температуры в заданных точках ОИ и тепловые потоки, падающие на внешние поверхности ОИ.

Контролируются и регистрируются следующие параметры:

- токи и напряжения электронагревателей для каждого режима испытаний;
- токи и напряжения тепловых имитаторов для каждого режима испытаний;
- мощности поглощенных потоков поверхностями ОИ для каждого режима испытаний.

Перед проведением испытаний проводится проверка на функционирование всех систем стенда.

Схема размещения объекта испытаний на стенде «Луч» представлена на рисунке 6.2.

6.11 Метод испытаний ИК радиометра «БИК-СД1»

Испытания проводятся в вакуумной камере без имитатора Солнца. Для воспроизведения поглощенных внешней поверхностью объекта испытаний тепловых потоков в камере устанавливается ИК-имитатор.

Тепловакуумные испытания проводятся методом воспроизведения поглощенных внешней поверхностью объекта испытаний тепловых потоков (ОСТ 92-9698-91) с помощью ИК имитатора в различных режимах работы тепловыделяющего оборудования ОИ.

В процессе подготовки к испытаниям проводится установка датчиков температуры и теплового потока на ОИ.

Требования к размещению датчиков на объекте испытаний

Схема размещения датчиков температуры на ОИ должна удовлетворять выполнению следующих условий:

Датчики должны располагаться на узлах ОМБ, в которых заданы ограничения по их температуре, в местах наибольшего перепада температур, и, в наиболее информативных с точки зрения обеспечения теплового режима местах. Одновременно решается задача проверки математической модели и результатов расчетов. В тоже время количество датчиков должно быть ограничено с целью ограничения объема обрабатываемой информации и технологичности подготовки эксперимента и снижения влияния датчиков на объект испытаний.

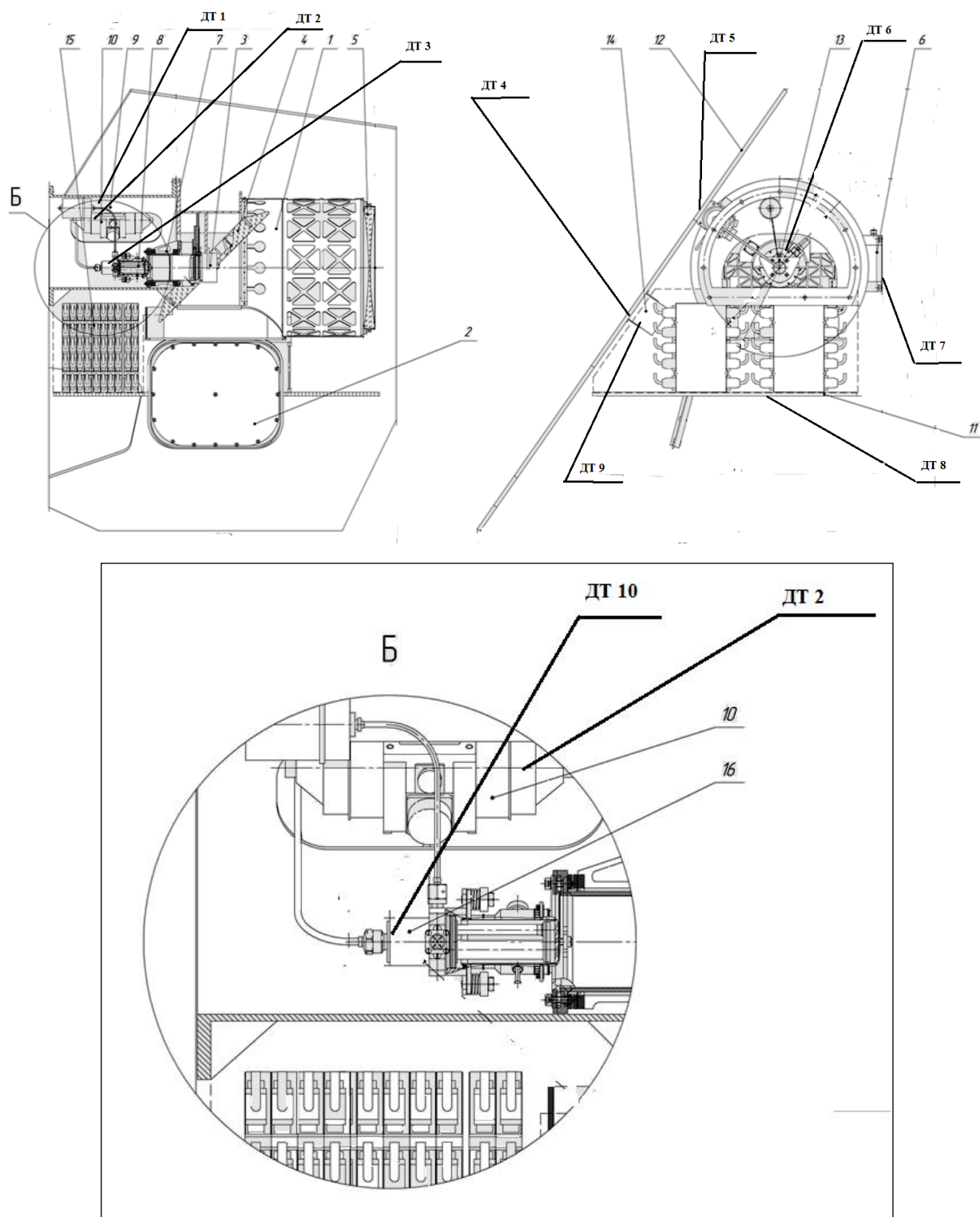


Рисунок 6.3. Схема размещения датчиков температуры на объекте испытаний

Датчики температуры размещены:

ДТ 1 – на корпусе отсека ЭБ;

ДТ 2 – на корпусе компрессора ГКМ;

ДТ 3 – на корпусе системы криостатирования;

ДТ 4 – на внешней поверхности РТО, предназначенного для охлаждения

ГКМ и ЭБ в месте установки ЭБ;

ДТ 5 – на внешней поверхности РТО, предназначенного для охлаждения
ГКМ и ЭБ в месте установки компрессора ГКМ

ДТ 6 – на корпусе теплового аккумулятора;

ДТ 7 – на корпусе привода сканирующего зеркала;

ДТ 8 – на РТО для охлаждения ЭБ;

ДТ 9 – на ЭБ СУ и БОИ;

ДТ 10 – на охладителе МКС;

Датчики теплового потока ставятся на РТО и на его внешних поверхностях с целью определения плотности теплового потока, падающего на ОИ от имитатора теплового излучения.

Для контроля внешнего теплообмена на подставке и кабельных жгутах устанавливаются температурные датчики.

При проведении испытаний оцениваются значения температурных параметров на соответствие требованиям КД для каждого режима испытаний;

Условия проведения испытаний.

Испытания проводятся при комнатной температуре. На оборудовании стенда должно быть проведено плановое техническое обслуживание в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Измерения вакуума осуществляется широкодиапазонным модулем для измерения вакуума Microionplus GRAVILLE-PHILLIPS, а также вакуумметрами «Мерадат ВИТ-14 и ВИТ-19». Методика измерений вакуумметрами приведена в инструкциях по эксплуатации приборов.

Все измерительные приборы должны быть откалиброваны либо в соответствии со специальными стандартами по вакууму или с национальным стандартом, либо с помощью приборов для абсолютных измерений в международной системе единиц.

Используемые откалиброванные измерительные приборы должны иметь сертификат калибровки согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025.

6.12 Последовательность проведения испытаний

В процессе подготовки выполняются подготовительные операции:

- тарировка нагревателей ИК имитатора;
- калибровка датчиков температуры;
- калибровка датчиков тепловых потоков;
- подготовка камеры, изделия и оснастки к проведению испытаний;
- установка изделия в камеру;
- подключение изделия к системе измерения и электропитания;
- закрытие и герметизация камеры;
- откачка камеры до давления, не превышающего $1,33 \cdot 10^{-3}$ Па ($1 \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст.);
- вывод на режим азотных криопанели и ИК-нагревателей;
- приведение температуры конструкции изделия и приборных блоков к начальному диапазону температур.

Особо следует подчеркнуть важность операции по установке ОИ в камеру. Ввиду значительных размеров ОИ эта операция должна выполняться строго в соответствии со схемой (рисунок 6.4).

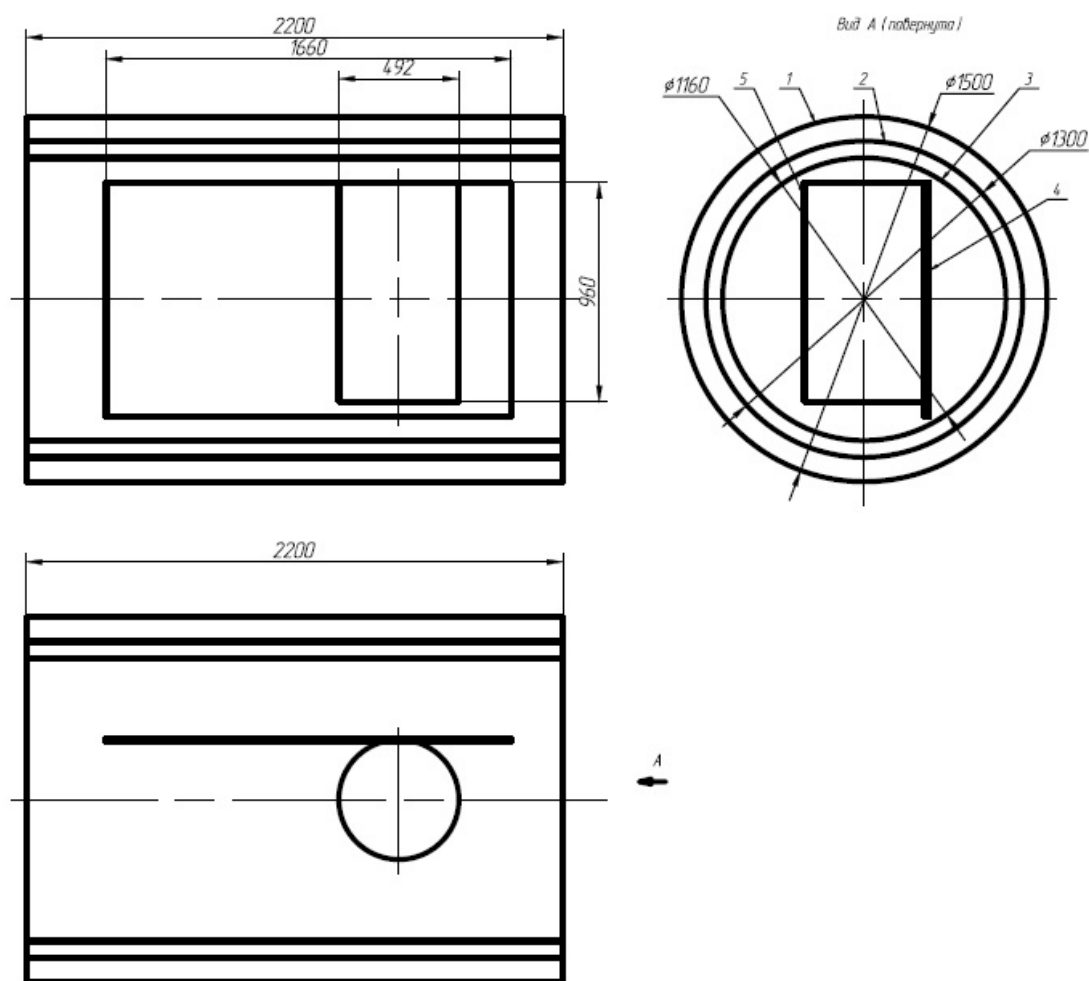


Рисунок 6.4. Схема установки ОИ в камере

- 1 – вакуумная камера;
- 2 – азотная криопанель;
- 3 – ИК имитатор;
- 4 – РТО холодного контура;
- 5 – корпус ОМС.

В процессе захлаживания криопанелей контролировать температуру конструкции ИК радиометра. Параметры выводить на монитор оператора с помощью АСИ в графическом представлении в зависимости от времени.

Температура ОМС в диапазоне от 7 до 20 С поддерживается автоматически включением или выключением ЭН, установленных на ее корпусе. Включением нагревателей, установленных на оснастке, компенсировать теплоотвод от ИК радиометра на испытательное оборудование.

Включением нагревателей на кабельных жгутах компенсировать теплоотвод от объекта испытаний. После завершения вакуумирования и захлаживания криопанелей перейти к первому режиму испытаний (дежурный режим).

При отопреве контролировать значения температурных датчиков, установленных на криопанелях.

При достижении значения температуры азотных экранов и опорной поверхности подставки плюс 5°C, при остаточном давлении в вакуумной камере не выше $1,33 \cdot 10^{-3}$ Па ($1 \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст.) отключить питание тепловых макетов и нагревателей оснастки.

Дальнейшие работы по разгерметизации камеры и извлечению изделия проводить в соответствии с инструкцией по эксплуатации стенда «Луч».

6.13 Перечень работ, проводимых после завершения испытаний

Извлечение изделия из камеры.

Визуальный осмотр изделия с составлением акта.

Упаковка экспериментального образца.

Производство отметок в формуляре, подготовка сопроводительной документации на отправку.

Отгрузка и отправка изделия.

Перечень режимов испытаний приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3. Перечень режимов испытаний

Номер режима	Наименование режима	Ориентировочная продолжительность, сек
1	Дежурный режим	7200 – 10800
2	Подготовка к съемке	861
3	Съемка	900
4	Переходной режим	570

Номер режима	Наименование режима	Ориентировочная продолжительность, сек
5	Запись результатов и переход в дежурный режим	70

6.14 Программа измерений

Для измерения температур используются цифровые термометры DS18S20, датчики температуры Heraeus Sensor Technology C220. Для измерения лучистых потоков - ДТП -0924. Схема подсоединения термометров DS18S20 согласуется с Заказчиком. Количество каналов измерения температуры – 50, лучистых потоков – 10.

Каналы измерения температур с использованием цифровых термометров DS18S20, датчиков C220 и элементов ДТП-0924 откалибровать по эталонному термометру.

Система измерений должна обеспечить измерение и запись температуры объекта и его оснастки, токовой нагрузки и напряжения питания тепловых макетов, ЭН, лучистых тепловых потоков в течение всего времени испытаний (первичная обработка информации).

Материалы первичной обработки информации оформляются в виде графиков значений параметров в функции времени. Данные материалы включаются в отчет по испытаниям и дополнительно выдаются в электронном виде.

Все измеряемые параметры: температура, внешние лучистые тепловые потоки и мощности энергопотребления относятся ко второй категории точности по ОСТ 92-4251-87.

Средства измерения должны быть аттестованы в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.553.

6.15 Программа управления.

Для управления ИК потоком, ЭН при ТВИ используется система управления ИК имитатором и специальная система управления ЭН.

Требования к системе управления и средствам управления.

Система управления должна обеспечить управление тепловыми макетами для имитации внутренних тепловыделений приборов. Система управления должна обеспечить имитацию внешних поглощенных тепловых потоков ИК нагревателями в соответствии с рассчитанной циклограммой падающих потоков.

Управление ИК-нагревателями и тепловыми макетами может осуществляться в ручном или автоматическом режиме (определяется Исполнителем совместно с Заказчиком).

Точность воспроизведения плотностей падающих тепловых потоков ИК имитатором не хуже 5%.

Точность обеспечения заданных мощностей тепловых макетов не хуже 5%.

Требования к средствам измерения, контроля и отображения в составе системы управления.

Измеренная информация должна отображаться на мониторе оператора ТВИ графически с привязкой ко времени.

6.16 Обработка, анализ и оценка результатов испытаний

Расчетные соотношения

Плотности падающих тепловых потоков от ИК-нагревателей определяются по формуле:

$$q_{\text{имитаторИК}} = \frac{As}{\varepsilon} \times q_{\text{солн.пад}} + q_{\text{соб}} \quad (1)$$

где: $q_{имитаторИК}$ -плотность падающего на поверхности ОИ теплового излучения ИК-нагревателя, Вт/(м²);

$q_{солн.пад}$ - плотность падающего на поверхность прямого и отраженного от Земли солнечного излучения с учетом переотражения от элементов конструкции ОИ, Вт/(м²);

$q_{соб.}$ -плотность падающего на поверхность ОИ собственного теплового излучения Земли с учетом переотражений и излучения от элементов конструкции ОИ, Вт/(м²);

$\frac{As}{\varepsilon}$ - отношение коэффициента поглощения солнечного излучения поверхностью ОИ к степени черноты этой поверхности.

Плотности падающих на поверхности прямого и отраженного от поверхности Земли солнечного излучения и плотности падающего на поверхности собственного теплового излучения Земли определяются для каждого режима испытаний расчетом с использованием вычислительной системы «СОТР».

При обработке, анализе и оценке результатов рассматривать следующие показатели:

- изменение температур параметров для каждого режима испытаний Результаты испытаний считаются положительными, если:
- выполнена программа испытаний в полном объеме;
- температура приборов находится в допустимых пределах.

По результатам испытаний Исполнитель выдает заключение о достоверности фактической погрешности измерений с привлечением результатов дефектации средств измерений. Заключение включают в технический отчет по испытанию.

Статистическая обработка результатов испытаний и оценка достоверности полученных результатов проводится по общепринятой методике приведенной ниже.

В результате измерений величины получен ряд ее значений: $x_1, x_2, \dots x_n$.
Находится среднее арифметическое

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = x_i.$$

Здесь x_i – результат i -го измерения; n – число измерений. Случайная ошибка измерения может быть оценена величиной абсолютной погрешности Δx , которую вычисляют по формуле

$$\Delta x_{\text{эм}} = t(\alpha, n) \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2},$$

где $t(\alpha, n)$ – коэффициент Стьюдента, зависящий от числа измерений n и доверительной вероятности α . Значение коэффициента Стьюдента, соответствующее заданной доверительной вероятности α и определенному числу измерений n , находят по приведенной ниже таблице 6.4.

Таблица 6.4. Значение коэффициента Стьюдента

Число измерений n	Доверительная вероятность α			
	0,6	0,7	0,95	0,98
2	1,38	2,0	12,7	31,8
3	1,06	1,3	4,3	7,0
4	0,98	1,3	3,2	4,5
5	0,94	1,2	2,8	3,7
6	0,92	1,2	2,6	3,4
7	0,90	1,1	2,4	3,1
8	0,90	1,1	2,4	3,0
9	0,90	1,1	2,3	2,9
10	0,88	1,1	2,3	2,8
11	0,84	1,0	2,0	2,3

Из таблицы видно, что величина коэффициента Стьюдента и случайная погрешность измерения тем меньше, чем больше n и меньше α . Практически выбирают $\alpha=0,95$.

Для оценки точности измерения величины определяется относительная погрешность, которую выражают в процентах,

$$\bar{x} = \frac{\Delta x_i}{x_i} \cdot 100\%$$

7 Экспериментальная база отдела для тепловакуумной отработке ИК радиометра «БИК-СД1»

7.1 Тепловакуумный стенд «Луч» и обеспечение экспериментальной тепловакуумной отработки ИК радиометра «БИК-СД1»

Объектом испытаний является тепловакуумный стенд «Луч» с безмасляной системой вакуумирования и системой криостатирования.

Схема стенда «Луч» (с азотным криоэкраном) представлена на рисунке 7.1, общий вид стенда – на рисунке 7.2.

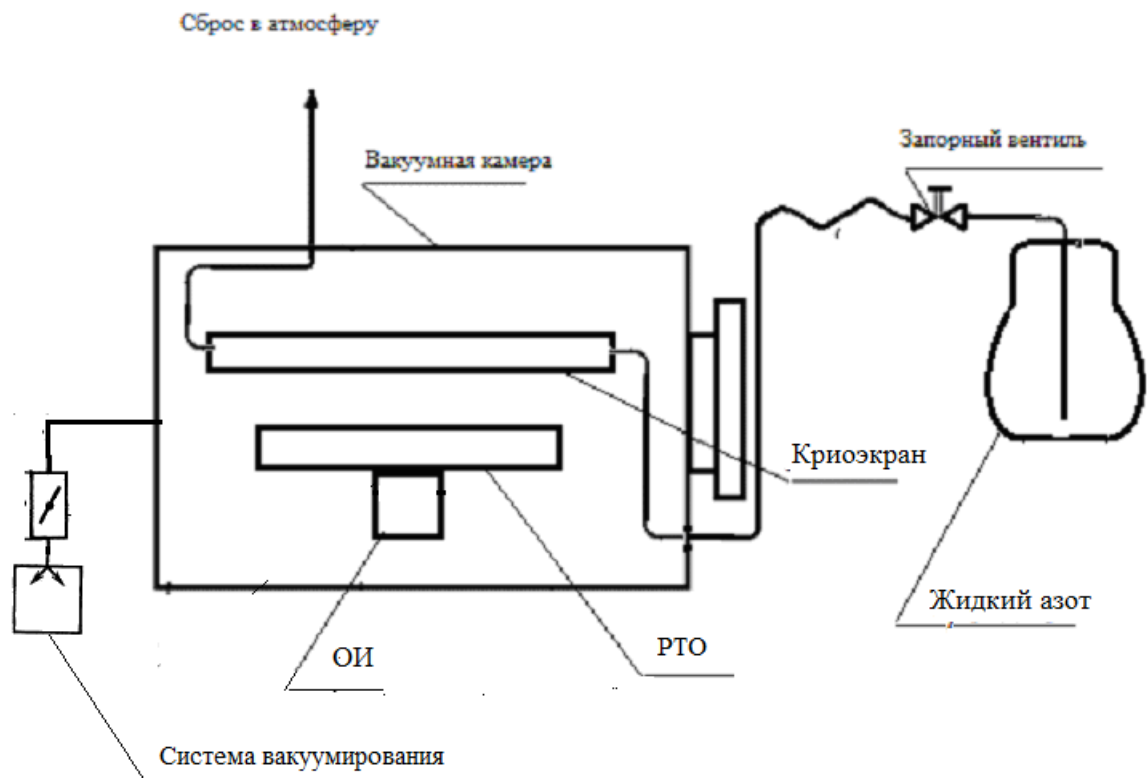


Рисунок 7.1. Схема стенда «Луч»

ОИ – объект испытаний;

РТО – радиационный теплообменник.



Рисунок 7.2. Общий вид стенда «Луч»

В программу подготовки стенда к испытанию проверяется система вакуумирования и азотоснабжения

7.1.1 Основные сведения о системе вакуумирования

Система вакуумирования является одним из основных элементов стенда. В 2015 году была проведена модернизация системы вакуумирования, в результате которой устаревшие масляные насосы были заменены на современные безмасляные.

Система вакуумирования тепловвакуумного стенда «Луч» включает в себя следующие основные элементы:

- камера установки (И12.0034.0000);
- насос форвакуумный SCROLLVAC SC 60D (два насоса, включенных параллельно);
- насос высоковакуумный TMP-1003 LMC (два насоса, включенных параллельно);
- вакуумные затворы GVB –SS-ISO200-M, UHV.;
- вакуумные магистрали.

В систему вакуумирования входят средства измерения давления: широкодиапазонные измерительные модули Micro ion plus Graville-Phillips.

Расчетные характеристики системы вакуумирования:

- минимальное давление от 10^{-3} Па до 10^{-4} Па;
- максимальная скорость откачки 2000 л/с;
- максимальное давление на входе до 10^5 Па.

Принципиальная схема системы вакуумирования стенда «Луч» представлена на рисунке 7.3, а общий вид – на рисунке 7.4.

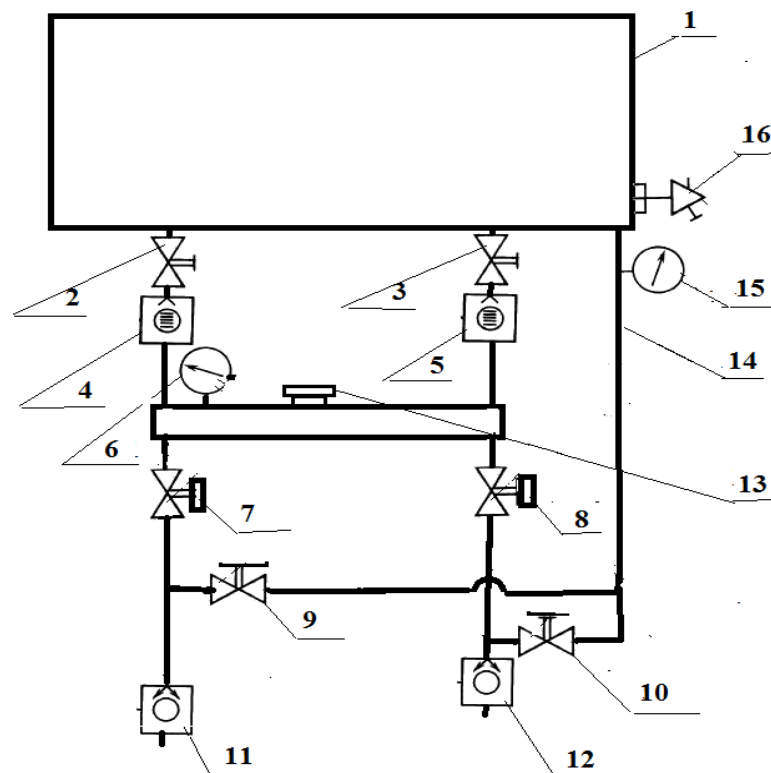


Рисунок 7.3. Принципиальная схема системы вакуумирования стенда «Луч»

Обозначения на схеме:

- 1– вакуумная камера;
- 2; 3–высоковакуумный затвор;
- 4; 5 –ТМН (турбомолекулярный насос);
- 6 – низковакуумный вакуумметр;
- 7; 8 – электропневмоклапан;
- 9; 10 – клапан с ручным приводом;
- 11; 12 – форвакуумный насос;
- 13–фланец для течеискателя;
- 14 – байпасная магистраль;
- 15 –высоковакуумный вакуумметр;
- 16 – клапан напуска воздуха в камеру.

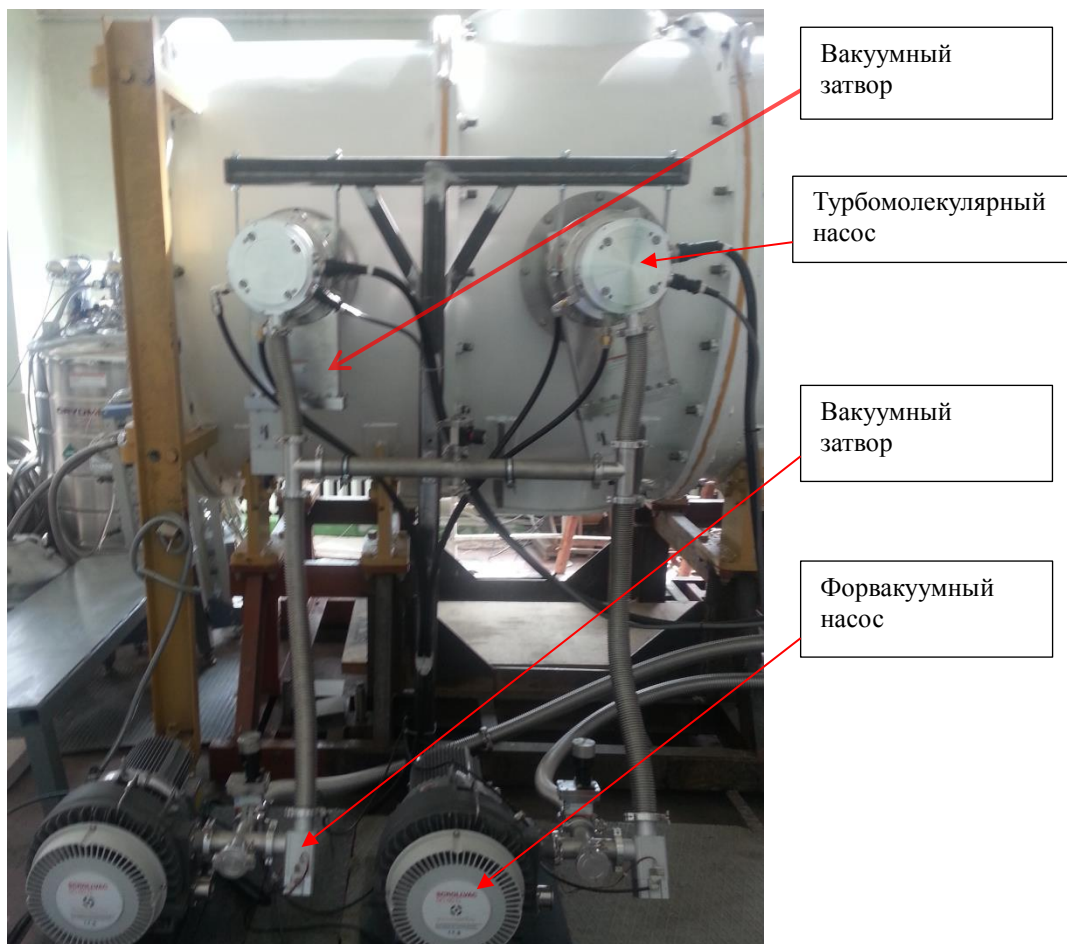


Рисунок 7.4. Система вакуумирования. Общий вид

Целью испытаний системы вакуумирования является:

проверка работоспособности безмасляной системы вакуумирования, азотного криозкрана, и определение их основных характеристик.

Задачами испытаний являются:

- проверка комплектности безмасляной системы вакуумирования;
- проверка работоспособности форвакуумных насосов безмасляной системы вакуумирования;
- проверка работоспособности высоковакуумных турбомолекулярных насосов безмасляной системы вакуумирования;
- определение базового давления системы вакуумирования.

Метрологическое обеспечение испытаний.

Измерения давления в камере проводились при помощи комплекса измерительных приборов: широкодиапазонных измерительных модулей Micro ion plus Graville-Phillips (вакууметра теплового CVG 101 с контроллером B-RAX

3000 № 13K700C, вакууметра широкодиапазонного IGM-400 с контроллером В-РАХ 3000 № 13K700C), по стандартной методике, изложенной в руководстве по эксплуатации завода изготовителя, датчиков температуры С220;

В процессе испытаний безмасляной системы вакуумирования проводились:

- определения базового давления системы вакуумирования;
- продолжительность форвакуумной откачки;
- определения времени откачки вакуумной камеры до базового давления.

Проводилось три цикла включения системы вакуумирования. Результаты испытаний представлены в протоколах (таблицы 7.1, 7.2, 7.3).

Таблица 7.1. Протокол № 1 испытаний системы вакуумирования стенда «Луч»

Время	Давление в камере, мм рт. ст.	Примечания
12.25	атмосферное	
12.28		Включение ФВН
12.30	4×10^2	
12.40	1×10^0	
12.57	1×10^{-1}	
13.03	5.9×10^{-2}	
13.11	$3,9 \times 10^{-2}$	Закрытие байпас. маг.
13.14	4×10^{-2}	Включение ТМН
13.17	8×10^{-5}	
13.23	$3,0 \times 10^{-5}$	
13.35	$1,7 \times 10^{-5}$	
13.50	$1,1 \times 10^{-5}$	
14.05	$1,0 \times 10^{-5}$	
14.30	$1,0 \times 10^{-5}$	
15.10	$9,9 \times 10^{-6}$	
16.00	$9,6 \times 10^{-6}$	Выключение ТМН
16.25	$9,6 \times 10^{-6}$	

Таблица 7.2. Протокол № 2 испытаний системы вакуумирования стенда «Луч»

Время	Давление в камере	Примечания
9.00	атмосферное	Включение ФВН
9.05	8×10^0	
9.20	1×10^0	
9.25	1×10^{-1}	
9.30	$5,0 \times 10^{-2}$	Закрытие байпас. маг
9.35	$5,0 \times 10^{-2}$	Включение ТМН
9.40	2×10^{-3}	
10.00	6×10^{-5}	
10.15	$2,0 \times 10^{-5}$	
10.35	$1,0 \times 10^{-5}$	
10.50	$0,9 \times 10^{-6}$	Выключение ТМН, напуск воздуха в камеру

Таблица 7.3. Протокол № 3 испытаний системы вакуумирования стенда «Луч»

Время	Давление в камере	Примечания
11.30	атмосферное	Включение ФВН
11.50	8×10^{-1}	
9.55	6×10^{-1}	
12.00	$4,0 \times 10^{-2}$	Включение ТМН
12.05	$3,0 \times 10^{-2}$	
12.10	5×10^{-4}	
12.10	4×10^{-5}	
12.25	$2,0 \times 10^{-5}$	
12.40	$1,3 \times 10^{-5}$	
12.50	$1,1 \times 10^{-6}$	
11.00	$1,0 \times 10^{-5}$	
11.20	$0,9 \times 10^{-6}$	

11.50	$0,8 \times 10^{-6}$	
12.30	$0,7 \times 10^{-6}$	
13.20	$0,6 \times 10^{-6}$	
14.20	$0,6 \times 10^{-6}$	Выключение ТМН, напуск воздуха в камеру

Кроме того проводились определение таких параметров системы вакуумирования:

- время откачки до давления 10^{-3} Па (около 10^{-5} мм рт. ст);
- базовое давление, Па. Испытания проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54807-2011;
- скорость натекания вакуумной камеры.

Значение времени откачки до давления 10^{-3} Па (около 10^{-5} мм рт. ст) (из протоколов таблицы 7.1, 7.2, 7.3) и продолжительность форвакуумной откачки в представлены таблице 7.4.

Таблица 7.4. Значение времени откачки до давления около 10^{-5} мм рт. ст. и форвакуумной откачки

№ эксперимента	Продолжительность форвакуумной откачки, мин	Время откачки до 10^{-5} мм рт. ст, мин
1	39	125
2	35	95
3	30	90

Как видно из таблицы 7.4 время откачки с каждым циклом испытаний уменьшалось, что обусловлено дегазацией камеры и объекта испытаний в предыдущих испытаниях.

После выключения ТМН из скорости роста давления (см. таблицу 7.5) определялась скорость натекания Q , Па \times м³/с.

Таблица 7.5. Скорость роста давления в камере после выключения ТМН.

Время, сек	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Давление, 10^{-4} мм рт. ст.	1	1.5	2.2	2.9	3.6	4.1	4.8	5.4	6	6.7	7.6

Скорость натекания Q ($\text{Па} \times \text{м}^3/\text{с}$) определяется из выражения:

$$Q = V \times (\Delta p) / \Delta t, \text{ Па} \times \text{м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где V – объем камеры, м^3 ; Δp - увеличение давления, Па за время Δt , с.

При выключении ТМН время роста давления от 1.1×10^{-4} мм рт. ст. до 7.6×10^{-4} мм рт. ст. составляло примерно 200 сек. $(3,25 \times 10^{-6} \text{ мм рт.ст/сек}) \approx 4.32 \times 10^{-4} \text{ Па/сек}$

$$Q = V \times (\Delta p) / \Delta t = 4 \times 4.32 \times 10^{-4} \approx 1,3 \times 10^{-3} (\text{Па} \times \text{м}^3/\text{с}) \approx 10^{-3} (\text{мм рт. ст.} \times \text{м}^3/\text{с}).$$

Согласно ГОСТ Р 54807 при определении базового давления системы вакуумирования камера откачивается в течение времени не превышающем 48 часов. Давление, при котором не происходит его изменение, принимается за базовое.

Допускается при определении базового давления с целью экономии ресурсов вакуумных насосов определять эту характеристику косвенным путем.

В проводимых испытаниях базовое давление находилось по выражению, определяющем связь времени откачки с такими параметрами как эффективная скорость откачки, скорость натекания и объем камеры.

Время откачки до заданного давления P_k с учетом натекания равно:

$$t = 2,3 V / S_{\text{эф}} \times Lg(P_n - Q / S_{\text{эф}} / (P_k - Q / S_{\text{эф}})). \quad (1)$$

Эффективная скорость откачки $S_{\text{эф}} = S_n \times U / (S_n + U)$ ($\text{м}^3/\text{с}$).

S_n - производительность насоса, U - проводимость трубопровода.

Поскольку в рассматриваемом диапазоне давлений ($p < 10^{-3}$ Па), средняя длина свободного пробега составляет $\lambda = 6,51 \cdot 10^{-3} / p \approx 6,5$ м,

d камеры = 1,5 м, критерий Кнудсена $K_n = 6,5 / 1,5 > 1$, применяется выражение для проводимости трубопровода в молекулярном режиме.

Проводимость трубопровода в молекулярном режиме

$$U = 121 \times d^3 / L \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

Диаметр входа в ТМН $d = 0,2$ м, длина переходника и толщина затвора $L = 0,2$ м, $U \approx 4.84$, тогда $S_{\text{эф.}} = 2 \times 10 / (2 + 10) \approx 1,42 \text{ (м}^3/\text{с)}$.

Из выражения (1) можно определить минимально достижимое давление при заданных параметрах вакуумной системы. Время откачки становится бесконечно большим при $P_k = Q / S_{\text{эф.}}$.

При заданных Q и $S_{\text{эф.}}$, P_k предельное (базовое давление) $= Q / S_{\text{эф.}} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ (Па} \times \text{м}^3/\text{с)} / 1,42 \text{ (м}^3/\text{с)} = 0,92 \times 10^{-3} \text{ Па} \approx 0,6 \times 10^{-5} \text{ мм рт. ст.}$

Таким образом, при имеющейся величине натекания теоретически можно получить давление в камере 6×10^{-6} мм. рт. ст.

Для подтверждения этого вывода был проведен один цикл откачки камеры до стабильного вакуума (протокол № 3). Из этого протокола видно, что после четырех часов откачки, давление в камере практически не менялось и составляло 6×10^{-6} мм. рт. ст., что совпадает со значением, полученным из выражения (1).

7.1.2. Проведение испытаний азотного криоэкрана.

Испытания на герметичность азотного криоэкрана проводились в соответствии с технологической картой, представленной в Таблице 7.6.

Таблица 7.6 Технологическая карта испытания на герметичность азотных криопанелей

№ п.п	Наименование операции	Приборы, инструменты	Контролируемые параметры	Значение параметра
1	Сборка системы подачи азота	Сосуд Дьюара,		
2	Откачка камеры	Система вакуумирования, широкодиапазонные измерительные модули Micro ion plus Graville-Phillips	Давление	10^{-4} мм.рт.ст

3	Выдержка камеры при заданном давлении	Широкодиапазонные измерительные модули Micro ion plus Graville-Phillips	Давление, время	10^{-4} мм.рт.ст в течение 15 мин
4	Подача азота в азотный криоэкрэн	Блок питания, широкодиапазонные измерительные модули Micro ion plus Graville-Phillips	Напряжение на блоке питания	12 В – 36В
5	Установление стационарного режима давления в камере	Блок питания, широкодиапазонные измерительные модули Micro ion plus Graville-Phillips	Давление	10^{-4} мм.рт.ст в течение 15 мин
6	Проверка герметичности криоэкрана	Широкодиапазонные измерительные модули Micro ion plus Graville-Phillips	Давление	10^{-4} мм.рт.ст в течение 30 мин

Испытания показали, что при подаче азота в криоэкрэн давление в камере не увеличивается, что свидетельствует о его герметичности.

Испытания по определению скорости захолаживания и холодопроизводительности криоэкрана.

Схема испытаний представлена на Рис. 7.1.

В процессе испытаний проводилась подача жидкого азота в криоэкрэн. Строилась зависимость изменения температуры объекта испытания (ОИ) по времени. В качестве объекта испытаний использовался тепловой имитатор газовой криогенной машины, представляющий собой параллелепипед размером $240 \times 110 \times 47$ мм из алюминиевого сплава АМг-6. (удельный вес 2,7 кг/куб.дм, удельная теплоемкость 0,9 кДж/кг). Теплоемкость ОИ составляет 9,72 кДж/К.

Зависимость температуры ОИ от времени захлаживания представлена на Рис.7.5. Из графика Рис. 7.5 определяется средняя скорость захлаживания ОИ – она составляет около 0,36 град/мин.

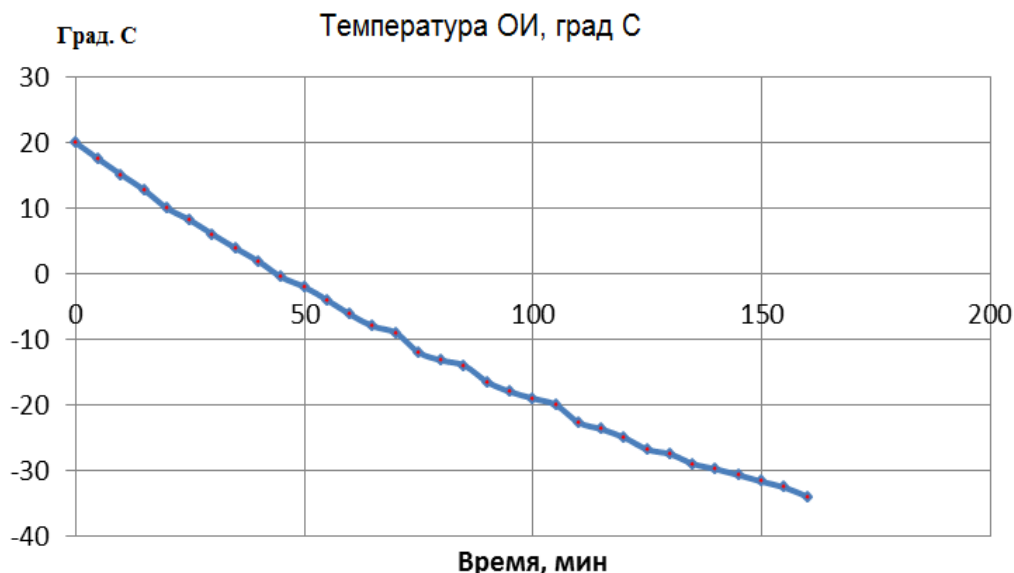


Рис.7.5 Зависимость температуры ОИ от времени захлаживания

Величина тепловой мощности, отдаваемой ОИ криоэкрану $N_{КЭ}$ определится соотношением: $N_{КЭ} = \Delta T_{ОИ} \cdot C_{ОИ} / \Delta \tau$,

здесь $N_{КЭ}$ – тепловая мощность, отдаваемая ОИ криоэкрану

$\Delta T_{ОИ}$ – величина нагрева ОИ за время $\Delta \tau$, К, $C_{ОИ}$ – теплоемкость конструкции ОИ, Дж/К, $\Delta \tau$ – время охлаждения, сек. Величина тепловой мощности, отдаваемой объектом испытаний криоэкрану, фактически и есть холодопроизводительность криоэкрана.

Результаты расчетов по определению холодопроизводительности криоэкрана представлены на Рис. 7.6.

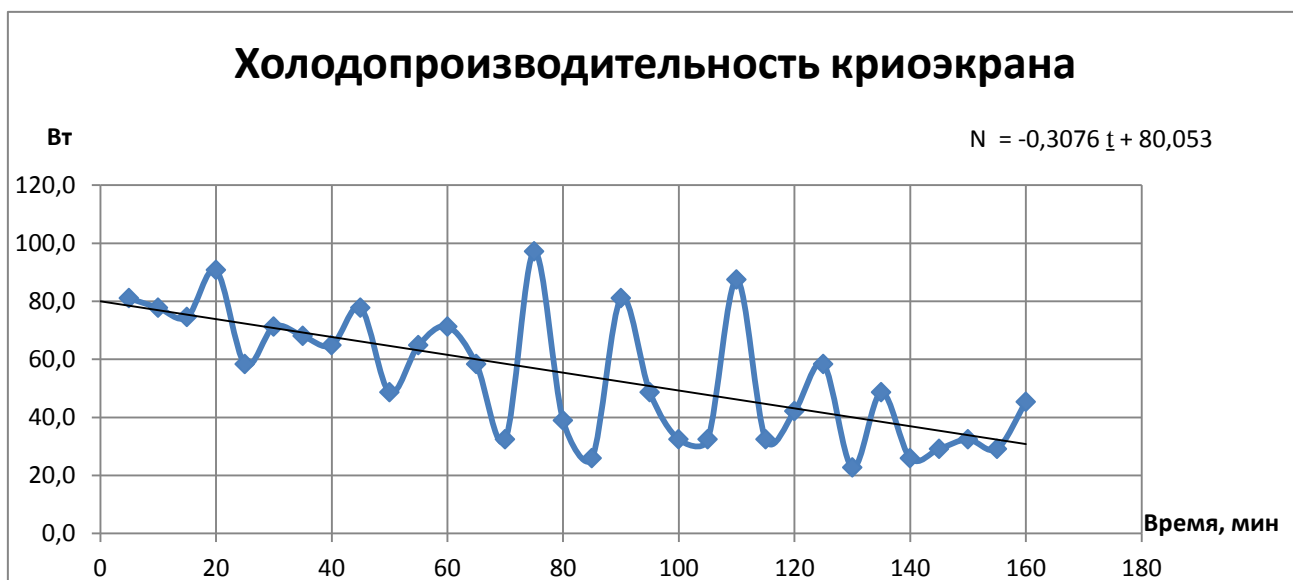


Рис. 7.6. Холодопроизводительность азотного криоэкрана

Полученная зависимость аппроксимировалась линейной зависимостью

$$NKЭ = -0,3076 \tau + 80,053 \text{ Вт.}$$

Таким образом, установлено, что максимальная холодопроизводительность криоэкрана равна 80 Вт в начальный момент охлаждения. По мере охлаждения ОИ, холодопроизводительность криоэкрана снижается до 30 Вт, что связано с теплопритоком к ОИ извне.

В приложении 1 представлен технический акт о готовности стенда «Луч» к экспериментальной тепловакуумной отработке ИК радиометра «БИК-СД1».

7.2 Радиометрический комплекс стенда «КВАНТ-20»

Для выполнения операций наземной отработки и предполётной калибровки ИК радиометра «БИК-СД1» в условиях, приближенных к условиям эксплуатации будет использоваться введенный в эксплуатацию комплексный стенд на базе высоковакуумной установки «КВАНТ-20». Схема стенда представлена на рисунке 7.7.

Стенд «КВАНТ-20» представляет собой цилиндрическую вакуумную камеру диаметром 2600 мм, длиной 5400 мм, с рабочим объемом 20 м^3 , торцы камеры закрываются днищами, одно из которых имеет высоковакуумный коллектор с герметично пристыкованными насосами для откачки камеры,

другое днище откатывается на специальной тележке по направляющим рельсам.

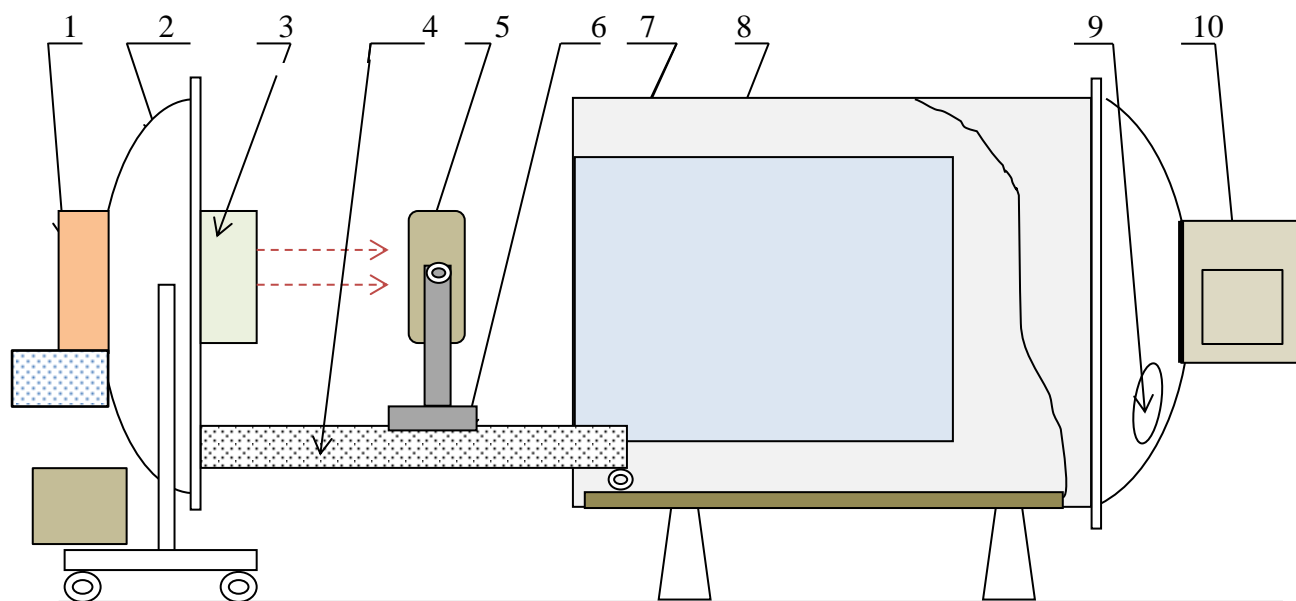


Рисунок 7.7 - Схема комплексного стенда для радиометрической калибровки оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ на установке «КВАНТ-20»

1 - блок эталонных излучателей с узлами крепления аппаратуры, 2 – откатываемое днище с люком для крепления абсолютно чёрного тела, 3 - оптико-механическая система, 4 - несущая платформа, 5 – испытываемый радиометр, 6 – установочный, пятиступенчатый блок, 7 - криопанели, 8 - вакуумная камера, 9 – герметизирующая платформа криогенной системы вакуумирования, 10 - высоковакуумные средства откачки воздуха из вакуумной камеры.

На базе откатываемого днища сформирован эталонный радиометрический комплекс. В центральной части этого днища на люке установлен фланец диаметром 1040 мм (крышка люка), на котором имеются иллюминаторы. С внешней стороны фланца смонтирован блок эталонных излучателей, в котором на иллюминаторах герметично устанавливаются юстировочные узлы крепления аппаратуры, предназначенные для согласования и настройки эталонных средств - излучателей. На юстировочных блоках монтируются эталонные излучатели, имеющие различную температуру излучательной поверхности. Внешний вид комплекса эталонных излучателей на фланце откатываемого днища представлен на рисунке 7.8.

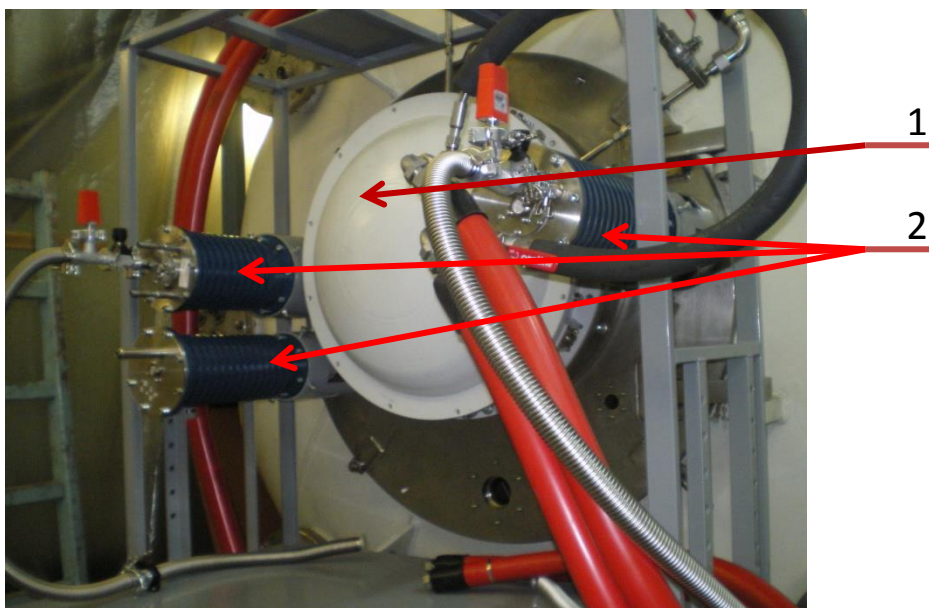


Рисунок 7.8 – Комплекс эталонных излучателей установленных на фланце камеры установки «КВАНТ-20»

1 - Широкоапертурная модель чёрного тела Ø 500 мм (государственный эталон), 2 – эталоны сравнения.

С внешней стороны днища на специальной платформе, связанной с тележкой отката днища устанавливается комплекс измерительной и регистрирующей аппаратуры.

С внутренней стороны на фланце установлена оптико-механическая система, обеспечивающая проверку параметров широкоапертурного макета абсолютно чёрного тела Ø 500 мм. Внутри камеры к днищу крепится несущая платформа, которая опирается на ролики, обеспечивающие при откате днища плавное перемещение платформы по направляющим внутри вакуумной камеры. На несущей платформе расположен пятиступенный установочный блок, который предназначен для закрепления на нём испытываемого радиометра и установки его в заданном положении относительно эталонных излучателей.

На консольных ложементах, закреплённых в нижней части камеры, установлены криопанели, охлаждаемые жидким азотом. Криопанели предназначены для предотвращения попадания теплового излучения от стенок камеры и

конструкций, расположенных внутри камеры, на испытываемый радиометр, а также для вымораживания остаточных газов внутри камеры..

Испытательные средства установки КВАНТ-20 позволяют отрабатывать штатную радиометрическую аппаратуру массой до 100кг, диаметром до 700 мм, длиной до 1000 мм в вакууме 10^{-4} Па, с использованием криогенных панелей, охлаждаемых жидким азотом.

В объём работ, проводимых на стенде, входят:

- наземная отработка радиометров в условиях высокого вакуума,
- метрологическая калибровка радиометрической аппаратуры ИК- диапазона с применением государственного эталона,
- предполётная аттестация радиометрической аппаратуры.