

УДК 536.5.087.92

Т.П. АНДРЕЕВА¹, И.Т. ГУБАЙДУЛЛИН¹, Ю.Н. МАРФИН¹, В.Р. ХАТМУЛЛИН²¹ Федеральное государственное унитарное предприятие Уфимское научно-производственное предприятие «Молния», Россия² ООО «Авиапирс» Лтд., Россия

УНИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К СТЫКОВКЕ ОБЪЕКТИВА ОПТИЧЕСКОГО ПИРОМЕТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ПОСАДОЧНЫМ ГНЕЗДОМ ТУРБИНЫ ГТД

Представлены результаты работ по унификации конструкций бортовых оптических пирометрических преобразователей, предназначенных для бесконтактного измерения температуры поверхности рабочих лопаток турбин газотурбинных двигателей. Результаты проведенных работ послужили основой для разработки отраслевого стандарта ОСТ 1 04043-2008. Определена номенклатура общих технических требований и типоразмерный ряд унифицированных конструкций бортовых оптических пирометрических преобразователей. Габаритные и установочные размеры объектива оптических пирометрических преобразователей, накладывают определенные требования к монтажу и посадочным гнездам на корпусе турбины.

Ключевые слова: преобразователь, пирометрический, оптический, бортовой, унификация конструкций, общие технические требования, гнездо посадочное, турбина.

Введение

Оценка температурного состояния теплонапряженных частей газотурбинного двигателя (ГТД) при его испытаниях и эксплуатации с целью контроля и управления в особенности поверхности рабочих лопаток (РЛ) турбины высокого давления является актуальной проблемой.

Безальтернативным средством получения измерительной информации о температурном состоянии двигателя являются средства оптической пирометрии (СОП). В связи с этим ряд фирм в России и за рубежом активно занимаются разработкой СОП.

Основными зарубежными разработчиками и производителями оптических пирометрических преобразователей являются фирмы: «International Harvester Company», отделение «Solar Division», «Kollsman Instrument Corporation» (Великобритания), «Land Pyrometers Ltd.» (Великобритания), «Smiths Industries Ltd.», отделения «Aviation Division» и «Aerospace And Defence Systems Company», «Negretty And Zambra (Aviation) Ltd.», консорциум с фирмой «Land Pyrometers Ltd.», «Vanzetti Infrared And Computer Systems Incorporated» (США), «Nasa Levis Research Center». В последние годы на рынок средств оптической пирометрии для авиационных двигателей активно продвигается продукция фирмы «Auxitrol», Франция.

Бортовой вариант средств оптической пирометрии совместной разработки фирм «Land Pyro-

meters Ltd.» и «Kollsman Instrument Ltd.» применен на двигателе RB-199 многоцелевого истребителя-бомбардировщика Panavia Tornado [1], а также на турбореактивном двигателе OLYMPUS- 593 и- 602 самолета Concorde [2, 3], на двигателе SNECMA-M 88-2 истребителя Рафаль.

Аппаратура для измерения температуры лопаток ГТД успешно использовалась фирмой «Дженерал Электрик» в программах разработки двигателей JE4 (СПС), TF39 (С5А) и GF6 (ДС10) и для бортового применения в системах автоматического регулирования двигателя J79 [4].

В отечественной промышленности разработкой средств оптической пирометрии занимались ВНИЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва, ряд моторостроительных предприятий, в том числе, НТЦ им. А.М. Люлька НПО «САТУРН», г. Москва, КБКП, г. Казань, ТМКБ «СОЮЗ», г. Москва и ФГУП УНПП «МОЛНИЯ», г. Уфа.

В настоящее время для достижения эффективного применения СОП на двигателях различных типоразмеров и модификаций, конструирования посадочных гнезд для установки объектива оптического пирометрического преобразователя (ОПП) проведены работы по разработке типоразмерного ряда преобразователей и объективов.

Результаты проведенных работ послужили основой для разработки отраслевого стандарта ОСТ 1 04043-2008 на ОПП для бортового применения.

1. Основные характеристики ОПП

ОПП представляет собой совокупность элементарных измерительных преобразователей, необходимых для преобразования потока излучения с излучающей поверхности ограниченной площади в выходное напряжение. Оптическая часть ОПП (оптический зонд) включает в себя:

- термостойкий объектив, выделяющий диафрагмой поля зрения участок поверхности лопатки турбины ГТД, с которого собирается излучение;
- гибкий волоконный световод, помещенный в металлорукав (ТУ 8Д4.48.466) для транспортирования излучения с выделенного участка поверхности лопатки турбины ГТД;
- систему обдува, создающую поток воздуха, обтекающего поверхность линзы и препятствующего закапчиванию оптики объектива продуктами сгорания топлива.

Основные технические характеристики унифицированных ОПП приведены в табл. 1.

Таблица 1
Основные технические характеристики унифицированных ОПП

Наименование параметра	Номинальное значение		
Диапазон измеряемой температуры, К (°С)	1073 (800) - 1473 (1200)		
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	0,6 - 1,15		
Диапазон воспроизводимых частот (полоса пропускания), кГц, не хуже	0 - 100		
Световой диаметр объектива преобразователя, мм	от 4,5 до 12,0		
Показатель визирования, не более при номинальном значении расстояния до цели:	60 мм	0,1	
	70 мм		
	85 мм		
	100 мм		
	120 мм		0,05
	140 мм		
165 мм			
200 мм			

Преобразователь должен быть прочным (стойким) и устойчивым к внешним воздействующим факторам, указанным в табл. 2.

Преобразователи должны быть взаимозаменяемым и иметь единую статическую функцию преобразования (градуировочную характеристику), обеспечивающую номинальное значение выходного сигнала при заданной температуре излучателя типа «абсолютно черное тело».

Конструкция фотоэлектрического преобразователя должна позволять агрегатирование с теплозащитным кожухом, содержащим теплообменник. Теплозащитный кожух должен иметь соответствующие штуцеры для подключения к коммуникациям, обеспечи-

вающим подвод жидкого хладагента с параметрами, подлежащими согласованию в технических заданиях или протоколах разрешения применения.

Таблица 2
Внешние воздействующие факторы

Внешний воздействующий фактор	Характеристика внешнего воздействующего фактора	Максимальное значение характеристики внешнего воздействующего фактора
Повышенная температура среды в транспортной зоне световода	Рабочая, К (°С)	573 (+300)
	Продолжительность воздействия за один полетный цикл, ч	30
	Предельная, К (°С)	623 (+350)
Повышенная температура среды в зоне фотоэлектрического преобразователя без теплозащитного кожуха	Рабочая, К (°С)	353 (+80)
	Продолжительность воздействия за один полетный цикл, ч	30
	Предельная, К (°С)	358 (+85)
Повышенная температура среды в зоне фотоэлектрического преобразователя с теплозащитным кожухом	Рабочая, К (°С)	393 (+120)
	Продолжительность воздействия за один полетный цикл, ч	30
	Предельная, К (°С)	488 (+215)
Пониженная температура среды	Рабочая, К (°С)	218 (-55)
	Предельная, К (°С)	213 (-60)
Повышенная влажность	Относительная влажность при температуре 308 К (35 °С), %	98
	Водность, г/м ³	2 - 3
Соляной (морской) туман	Температура, К (°С)	308 (+35)
	Влажность относительная, пониженная, %	50
Статическая пыль (песок)	Скорость циркуляции, м/с	0,5 - 1,0
	Массовая концентрация г/м ³	3
	Повышенная влажность, %	95 - 98
Плесневые грибы	Температура, К (°С)	302 (29)

Объектив преобразователя должен обеспечивать однозначную установку и направление визирования после монтажа в штатное установочное гнездо корпуса турбины.

Преобразователь должен обеспечивать возможность проверки функционирования в эксплуатации без съема его с газотурбинного двигателя. Допускается частичный демонтаж (отсоединение объектива от посадочного гнезда турбины) для стыковки с излучателем пульта контроля.

Габаритные и присоединительные размеры преобразователя должны соответствовать указанным на рис. 1 – 3.

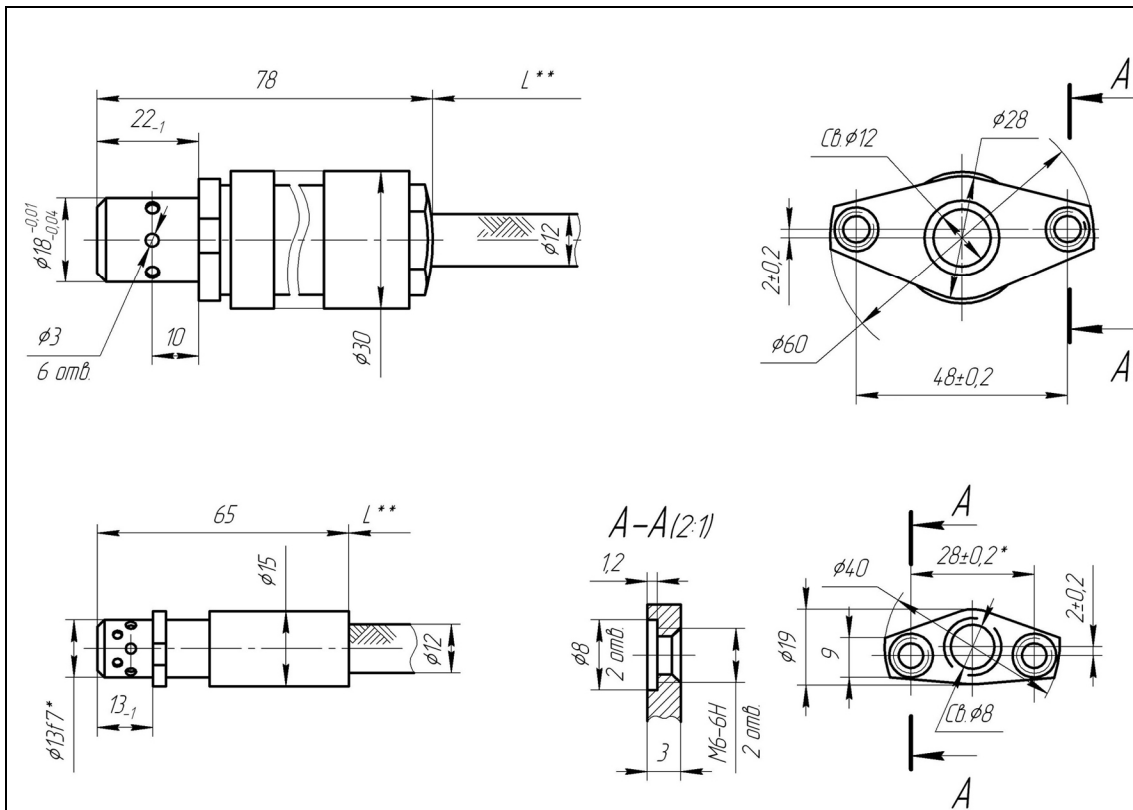


Рис. 1. Оптические пирометрические преобразователи с фланцевым креплением объектива

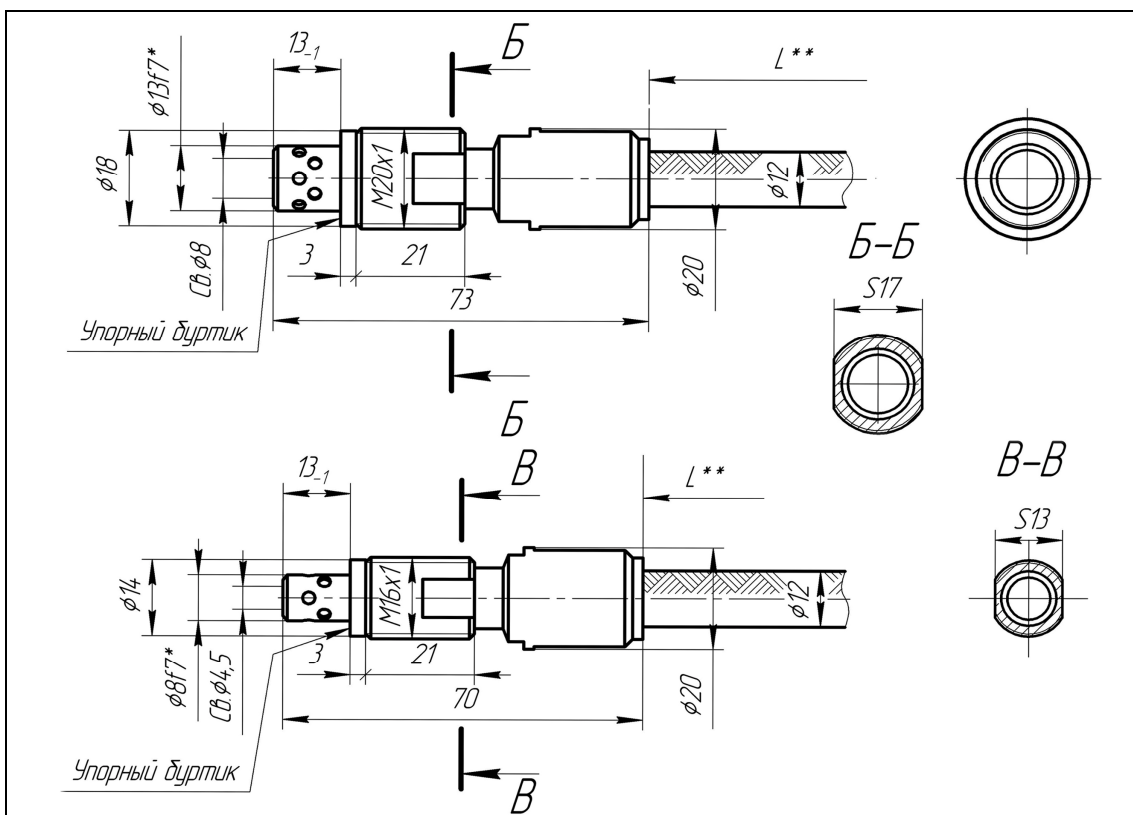


Рис. 2. Оптические пирометрические преобразователи с креплением объектива по наружной резьбе накидной гайки-втулки

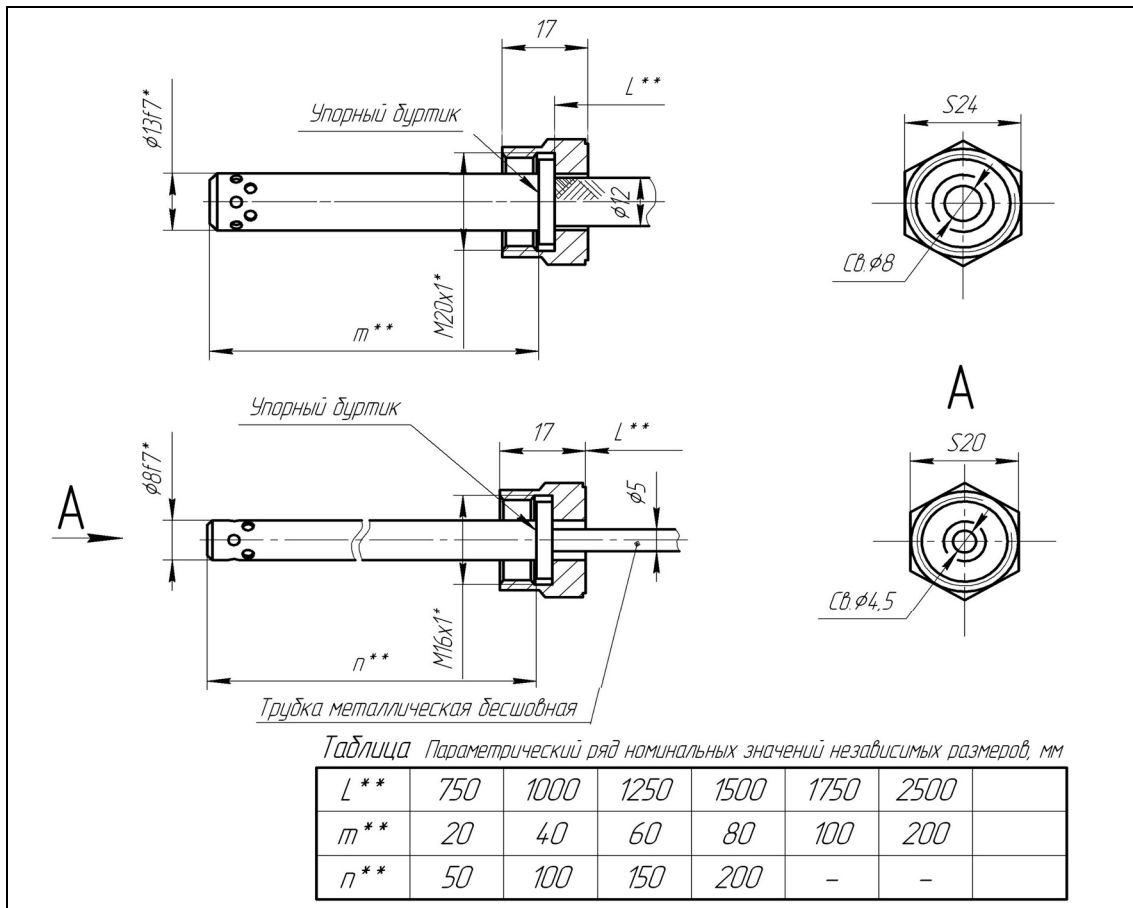


Рис. 3. Оптические пирометрические преобразователи с креплением объектива по внутренней резьбе накладной гайки

2. Результаты эксплуатации

Серийно изготавливаемые во ФГУП УНПП «Молния» оптические пирометрические преобразователи конструкции ОПП-94К, ОПП-94К-1.25 с фланцевым вариантом крепления (со световым диаметром 12 мм) применяется на двигателе ПС-90А, ПС-90-76, ПС-90А2 в качестве датчика первичной информации о температуре лопаток рабочего колеса турбины высокого давления. Отдельные лидерные экземпляры преобразователей конструкции ОПП-94К, ОПП-94К-1.25 имеют наработку, достигающую 3000±4000 ч. с учетом плановых ремонтов.

Оптические пирометрические преобразователи с креплением по внутренней резьбе накладной гайки конструкции ОПП-32 (со световым диаметром 12 мм) применялись для отработки режимов двигателя НК-32.

Оптические пирометрические преобразователи конструкции ОПП-82 с рубашкой охлаждения с фланцевым вариантом крепления (со световым диаметром 12 мм) использовались для отработки режимов прототипа двигателя АЛ-31Ф.

Оптические пирометрические преобразователи, с креплением объектива по наружной резьбе накладной гайки-штулки и по внутренней резьбе накладной гайки (со световыми диаметрами 8 мм и 4,5 мм) предназначены для использования при отработке режимов двигателей 5 поколения, в том числе с доступом через штатные эндоскопические лючки.

Заключение

Опыт применения оптических пирометрических преобразователей в условиях испытательных стендов моторостроительных испытаний ОПП и эксплуатации в бортовых условиях позволил:

- разработать типоразмерный ряд унифицированных конструкций бортовых оптических пирометрических;
- определить оптимальные габаритные и установочные размеры объектива оптических пирометрических преобразователей;
- сформулировать технические требования, которые были положены в основу отраслевого стандарта на ОПП для бортового применения.

Разработанный ОСТ 1 04043-2008 [5] накладывает определенные требования к монтажу и посадочным гнездам на корпусе турбины и позволяет разработчику двигателя использовать типовые решения при проектировании посадочных гнезд для установки ОПП на турбину.

Литература

1. Сборник переводов рекламных проспектов зарубежных фирм - производителей средств оптической пирометрии. № 93-01/СБ; под общ. ред. И.Т. Губайдуллина. - Уфа.: Предприятие АВИАПИРС Лтд., Уфа, 1993. - 150с.: ил.
2. Curwen K.R. Turbine Blade Pyrometer System in the Control of Concorde Engine / K.R. Curwen //

Instrumentation for Airbreathing Propulsion. - 1978. - V. 34. - P. 399-406.

3. Curwen K.R. Turbine Blade Radiation Pyrometer System / K.R. Curwen // *Aircraft Engineering.* - 1972. - № 12.

4. Kats H. Experiences in the Design and Application of Turbine Blade Pyrometers / H. Kats // *Instrumentation for Airbreathing Propulsion.* - 1978. - V. 34. - P. 410-418.

5. ОСТ 1 04043-2008. Преобразователи бортовые пирометрические оптические для бесконтактного измерения температуры поверхности лопаток турбин авиационных газотурбинных двигателей. Общие технические требования. Основные параметры и размер. - Взамен ОСТ 1 04043-86; введ. 01.01.2009. - М.: Изд-во стандартов, 2009. - 13 с.

Поступила в редакцию 1.06.2009

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой Р.З. Бахтизин, Башкирский государственный университет, Уфа, Россия.

УНІФІКАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО СТИКОВКИ ОБ'ЄКТИВУ ОПТИЧНОГО ПІРОМЕТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА З ПОСАДОЧНИМ ГНІЗДОМ ТУРБИНИ ГТД

Т.П. Андреева, І.Т. Губайдуллин, Ю.М. Марфін, В.Р. Хатмуллин

Представлені результати робіт по уніфікації конструкцій бортових оптичних пірометричних перетворювачів, призначених для безконтактного вимірювання температури поверхні робочих лопаток турбін газотурбінних двигунів. Результати проведених робіт послужили основою для розробки галузевого стандарту ОСТОМ 1 04043-2008. Визначена номенклатура загальних технічних вимог і типорозмірний ряд уніфікованих конструкцій бортових оптичних пірометричних перетворювачів. Габаритні і настановні розміри об'єктиву оптичних пірометричних перетворювачів, накладають певні вимоги до монтажу і посадочних кубел на корпусі турбіни.

Ключові слова: перетворювач, пірометричний, оптичний, бортовий, уніфікація конструкцій, загальні технічні вимоги, гніздо посадочне, турбіна.

UNIFICATION OF TECHNICAL REQUIREMENTS FOR THE JOINING OF AN OPTICAL PYROMETER TRANSDUCER OBJECTIVE TO THE MATING SOCKET OF A GAS TURBINE ENGINE

T.P. Andreeva, I.T. Gubaidullin, Yu.N. Marfin, V.R. Khatmullin

Here are presented some results of the work on unification of airborne optical pyrometer transducers design, intended for contactless surface temperature measurement of the gas turbine engine blades. On the base of this work OСТ 1-04043-2008 Industrial Standard has been elaborated. The nomenclature of general technical requirements and dimension types of unified airborne optical pyrometer transducers designs have been defined. Outline and mounting dimensions of an optical pyrometer transducer objective impose certain requirements on the installation and mating sockets on the turbine case.

Key words: transducer, pyrometer, optical, airborne, design unification, general technical requirements, mating socket, turbine.

Андреева Татьяна Петровна – канд. техн. наук, начальник сектора, ФГУП УНПП «Молния», г. Уфа, Россия, e-mail: t-andr@yandex.ru.

Губайдуллин Ирек Тимерьянович – ведущий инженер-конструктор, ФГУП УНПП «Молния», г. Уфа, Россия, e-mail: molniya@molniya-ufa.ru.

Марфин Юрий Николаевич – ведущий инженер ФГУП УНПП «Молния», г. Уфа, Россия, e-mail: molniya@molniya-ufa.ru.

Хатмуллин Владимир Рахимзянович – ведущий инженер, ООО «Авиапирс Лтд.», г. Уфа, Россия.