
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
53541—
2009

ДВИГАТЕЛИ АВИАЦИОННЫЕ И ИХ УЗЛЫ

**Индексация параметров состояния воздуха (газа)
по сечениям проточной части авиационных
двигателей и связанных с ними газоздушных
систем**

Издание официальное

Б 3 3—2010/52



Москва
Стандартинформ
2010

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Федеральным Государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт стандартизации и унификации» (ФГУП «НИИСУ»)

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 803-ст

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартиформ, 2010

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Обозначения и сокращения	1
4 Система нумерации (индексации) контрольных сечений (СНКС) при функционировании газотурбинных авиационных двигателей	2
4.1 Принцип построения СНКС	2
4.2 Примеры применения СНКС в схемах авиационных двигателей и винтовентиляторов различных типов	3
4.3 Нумерация сечений индивидуальных потоков	6
4.4 Обозначение и индексация при буквенных обозначениях параметров воздушно-газового потока в СНКС	9
5 Система нумерации контрольных сечений в поршневых авиационных двигателях	10

Введение

В настоящее время система обозначения контрольных сечений проточной части авиационных двигателей стандартизована не полностью.

Для буквенных обозначений параметров, используемых в технической документации к отечественным авиационным двигателям, существует около двадцати вариантов расшифровки применительно к элементам только газотурбинных двигателей.

Перспективы создания сложных комбинированных силовых установок обуславливают трудности в идентификации контрольных сечений двигателей и возможность повторяемости цифровых символов и буквенных обозначений.

Предлагаемая система нумерации контрольных сечений (СНКС) универсальна, т. е. пригодна для авиационных двигателей всех видов независимо от числа циклов и сочетаний в таких комбинированных установках. Эта система нумерации (индексации) применима и к потокам воздуха (газа), отбираемого от основных потоков на нужды летательного аппарата и самого двигателя.

Данная система упростит проведение расчетов для пользователей компьютерных программ и облегчит сравнительный анализ основных и вспомогательных параметров различных двигателей.

АВИАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ИХ УЗЛЫ

Индексация параметров состояния воздуха (газа) по сечениям проточной части авиационных двигателей и связанных с ними газоздушных систем

Aviation engines and their units. Indexation of parameters of air (gas) condition on sections of air-gas channel aviation engines and air-gas systems connected with them

Дата введения — 2010—07—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования к системе нумерации контрольных сечений (СНКС), а также дополнительных сечений проточной части авиационных двигателей и их подсистем, связанных с отбором воздуха на нужды летательного аппарата и непосредственно двигателя.

1.2 Требования настоящего стандарта распространяются на применение СНКС при выполнении газодинамических расчетов, связанных с функционированием авиационных двигателей, в компьютерных программах, при проектировании и обработке данных по двигателю, в документации всех видов, научно-технической, учебной и справочной литературе.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 23199—78 Газодинамика. Буквенные обозначения основных величин

ГОСТ 23851—79 Двигатели газотурбинные авиационные. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения и сокращения

ВРД — воздушно-реактивный двигатель;

ГТД — газотурбинный двигатель;

КВД — компрессор высокого давления;

КНД — компрессор низкого давления;

КС — камера сгорания;

ЛА — летательный аппарат;

СНКС — система нумерации контрольных сечений;

ТРДФ — турбореактивный двигатель с форсажной камерой;

ТРД — турбореактивный одноконтурный двигатель;

- ТВД — турбовинтовой двигатель;
 ТВВД — турбореактивный винтовентиляторный двигатель;
 ТРДДФ — турбореактивный двухконтурный двигатель с форсажной камерой;
 ТРТДФ — турбореактивный трехконтурный двигатель с форсажной камерой;
 ТРДД — турбореактивный двухконтурный двигатель;
 ФК — форсажная камера.

4 Система нумерации (индексации) контрольных сечений (СНКС) при функционировании газотурбинных авиационных двигателей

4.1 Принцип построения СНКС

4.1.1 СНКС двигателя служит для обозначения последовательности процессов, которым подвергаются воздушно-газовые потоки в авиационном двигателе независимо от типа его цикличности.

4.1.2 СНКС двигателя строится на базе шести основных процессов, проходящих в одноконтурном газотурбинном двигателе с регулируемым соплом и форсажной камерой:

- кинетическое сжатие потока, происходящее на входе в двигатель в комплексе воздухозаборник/диффузор;
- механическое сжатие потока, происходящее в комплексе винтовентилятор/КВД (сжатие потока);
- ввод тепла (камера сгорания/форсажная камера);
- механическое расширение (расширение потока);
- смешение (смеситель/эжектор);
- расширение в сопловой части двигателя (сопло).

4.1.3 Нумерация контрольных сечений для идентификации превращений основного воздушно-газового потока, проходящего через газотурбинный двигатель, приведена в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Контрольные сечения для снятия параметров воздушно-газового потока

Место сечения в потоке	Номер сечения
До входа в воздухозаборник двигателя	0
На входе в воздухозаборник двигателя	1
На входе в двигатель — перед вентилятором; перед КНД	2
За компрессором — на входе в камеру сгорания	3
За камерой сгорания — на входе в турбину	4
На I-й ступени турбины — «горло» соплового аппарата	4.1
За турбиной	5
Перед форсажной камерой — в смесителе	6
На входе в сопло	7
В горловине сопла	8
На срезе сопла	9

4.1.4 В качестве базовой схемы с принятой системой нумерации сечений выбрана схема на основе турбореактивного одноконтурного двигателя с форсажной камерой и регулируемым соплом, в которой учтены все основные превращения воздушно-газового потока.

На рисунке 1 представлена СНКС на базе схемы ТРДФ с обозначением сечений согласно таблице 1.

СНКС в этой схеме наиболее близка к традиционной, используемой на практике, и проста для запоминания. Такая нумерация сечений является базовой для авиационного двигателя любого типа и в любом конструктивном исполнении, в том числе с воздухозаборником (в мотогондоле).

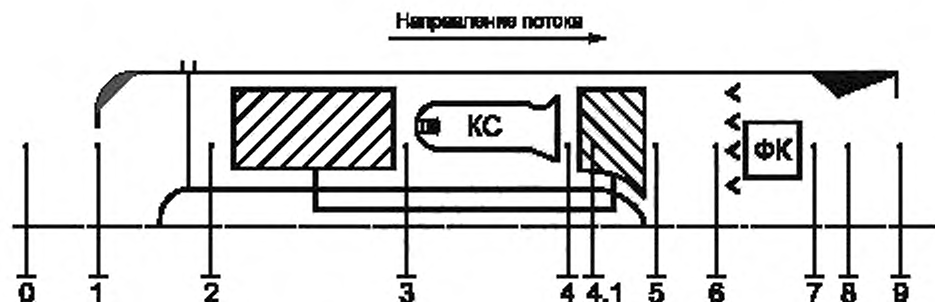


Рисунок 1 — Базовая СНКС для двигателя ТРДФ
Нумерация сечений — см. таблица 1

4.2 Примеры применения СНКС в схемах авиационных двигателей и винтовентиляторов различных типов

4.2.1 Одноконтурный ТРДФ

Сечения обозначаются однозначными цифрами от единицы (1) до девяти (9) по ходу основного тракта газозвдушного потока двигателя в соответствии с данными таблицы 1 и рисунка 1.

Если тот или иной процесс по 4.1.2 в двигателе отсутствует, то номер сечения для данного процесса изымается с сохранением всех номеров оставшихся сечений на своих местах. Таким образом базовая схема нумерации контрольных сечений остается неизменной.

4.2.2 ТРДДФ с форсажной камерой во втором контуре и со смещением контуров

4.2.2.1 Для распространения нумерации сечений с основного, первого контура (I), на второй контур (II) слева от номеров сечений контура I проставляют цифру один (1).

4.2.2.2 Двухзначная нумерация сечений по контуру II продолжается вплоть до среза сопла этого контура, если нет смешения потоков в контурах I и II.

Если существуют смешение и общее сопло, то нумерация сечений по общему соплу проставляется по нумерации сопла контура I цифрами 7, 8 и 9 согласно рисунку 2, а не 17, 18 и 19.

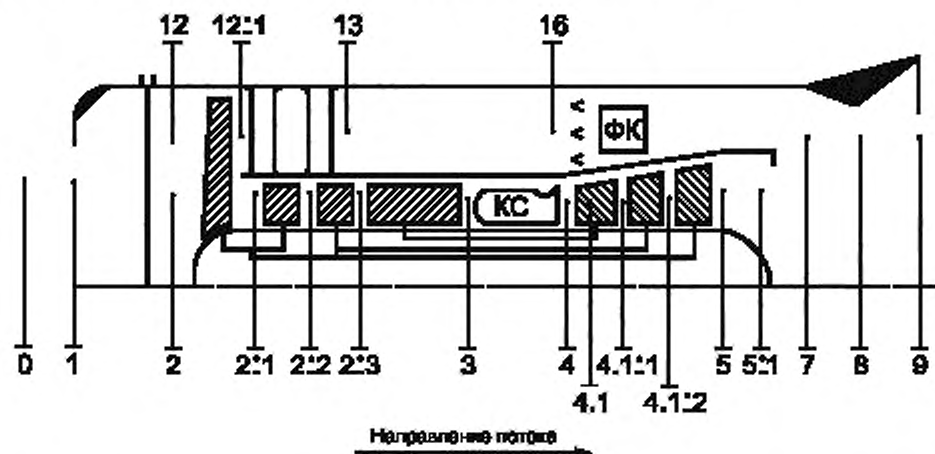


Рисунок 2 — Схема нумерации контрольных сечений для двигателей ТРДДФ со смешением контуров и общим соплом

4.2.2.3 Для обозначения промежуточных (дополнительных) сечений потоков, расположенных на участках основных процессов двигателя по 4.1.2, вводится знак подразделителя («:»). При этом в цикле на участке сжатия 2—3 сечению присваивается номер начала процесса, а после подразделителя идет номер дополнительного сечения на данном участке цикла, возрастающий по потоку (2₁, 2₂ и т. д.).

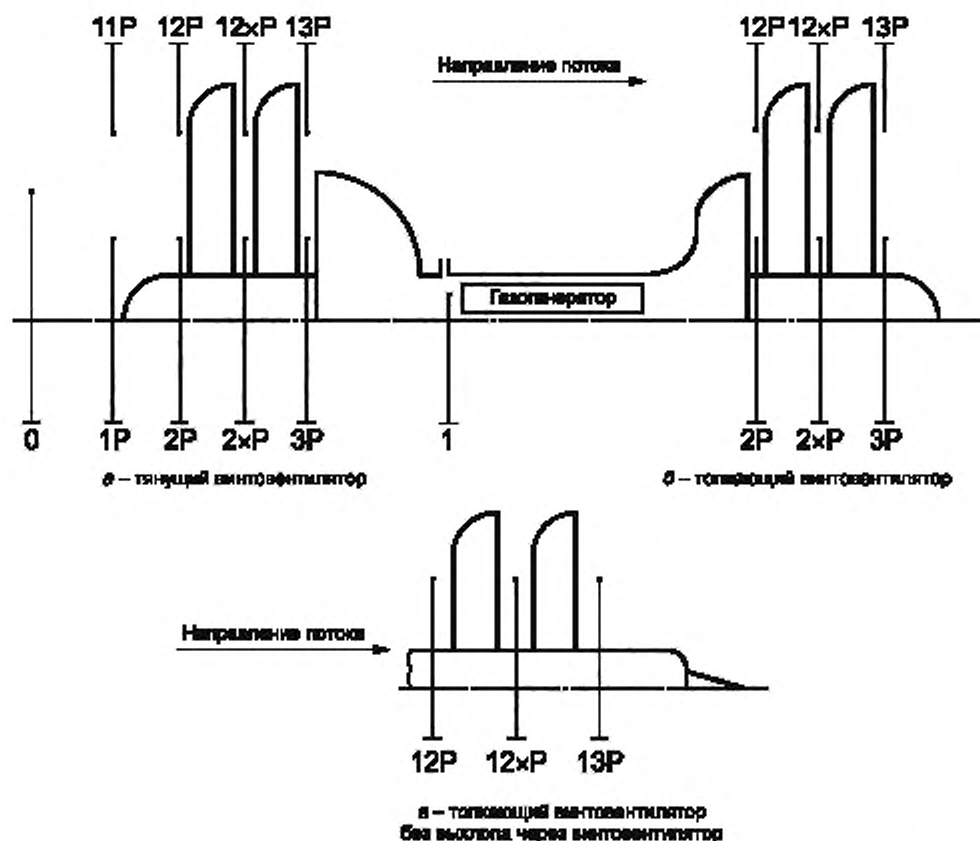


Рисунок 4 — Схема нумерации контрольных сечений для винтовентилятора на ТВВД
Нумерация сечений — см. таблица 2

4.2.5.2 Нумерация контрольных сечений для винтовентиляторной группы приведена в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 — Контрольные сечения для винтовентиляторной группы

Место сечения в потоке	Номер сечения
На входе в винтовентиляторную группу — для внутренней части потока	1P
На входе в винтовентиляторную группу — для внешней части потока	11P
На выходе из винтовентиляторной группы — для внутренней части потока	3P
На выходе из винтовентиляторной группы — для внешней части потока	13P
Между рабочими ступенями винтовентиляторной группы — для внутренней части потока	2xP
Между рабочими ступенями винтовентиляторной группы — для внешней части потока	12xP
На входе в КНД двигателя	2

Для толкающего варианта винтовентиляторной группы указаны номера сечений с учетом направлений потока и выхлопа газа из ТВВД.

4.2.6 Комбинированная силовая установка

4.2.6.1 Схема контрольных сечений комбинированной силовой установки, приведенная на рисунке 5, представляет собой ТРДДФ, объединенный с прямоточным ВРД, и имеет единое выходное сопло. ВРД рассматривается как один из контуров единой силовой установки.

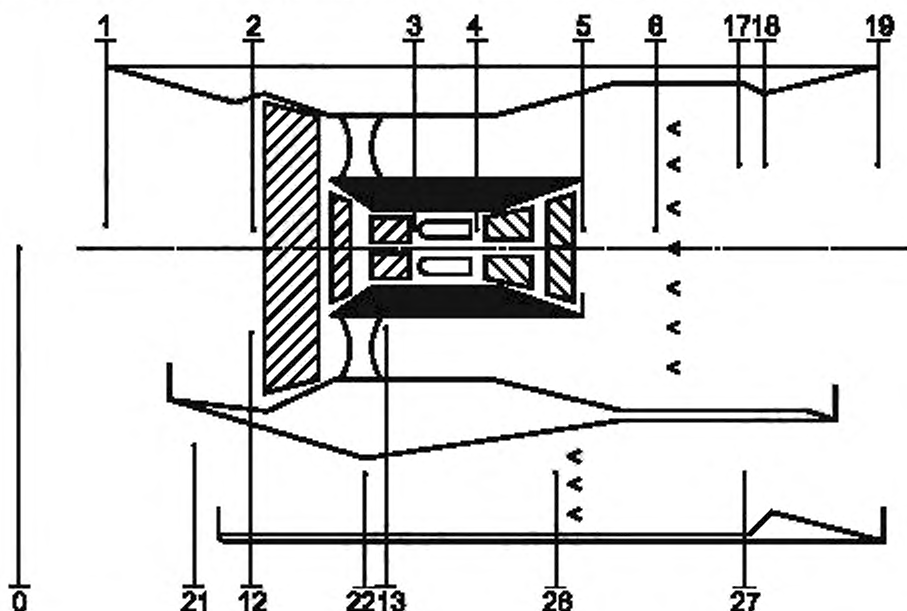


Рисунок 5 — Схема нумерации контрольных сечений для комбинированной силовой установки ТРДДФ с прямоточным ВРД и со смешением потоков

В этом случае номер контура ВРД, согласно единой системе нумерации силовой установки, следует за контурами I—III и т. д. основного двигателя. В данном примере за двухконтурным ТРДДФ следует третьим контуром поток в ВРД с нумерацией контура III от 21 до 27.

Таким образом, СНКС потоков может быть использована для схем любых авиационных двигателей и их сочетаний.

4.3 Нумерация сечений индивидуальных потоков

4.3.1 Нумерация сечений индивидуальных потоков (контуров), являющихся неконцентрическими относительно основного контура двигателя, основана на использовании СНКС для систем отбора, перепуска, регенерации тепла и т. д. с учетом направлений основного и концентрических относительно него газоздушных потоков.

Основополагающими являются цифры в скобках (9); (8); ..., (3); (2); (1), обозначающие тот или иной контур газоздушного потока, являющегося неконцентрическим относительно потока основного контура. Далее проставляются номера сечений для процессов, происходящих в индивидуальном контуре по 4.1.2.

4.3.2 Схема нумерации сечений вспомогательного силового блока на базе одноконтурного двухконтурного двигателя с двумя отдельными входными потоками приведена на рисунке 6.

Обозначения нумерации сечений для дополнительного индивидуального входа потока с теплообменником и вентилятором:

- (9)1 и (9) 1_1 — сечения теплообменника;
- (9)2 и (9)3 — сечения вентилятора;
- (9)7 и (9)9 — сечения выходной части системы (по аналогии с соплом).

Остальные контрольные сечения во вспомогательном блоке обозначают согласно базовой схеме контуров I и II.

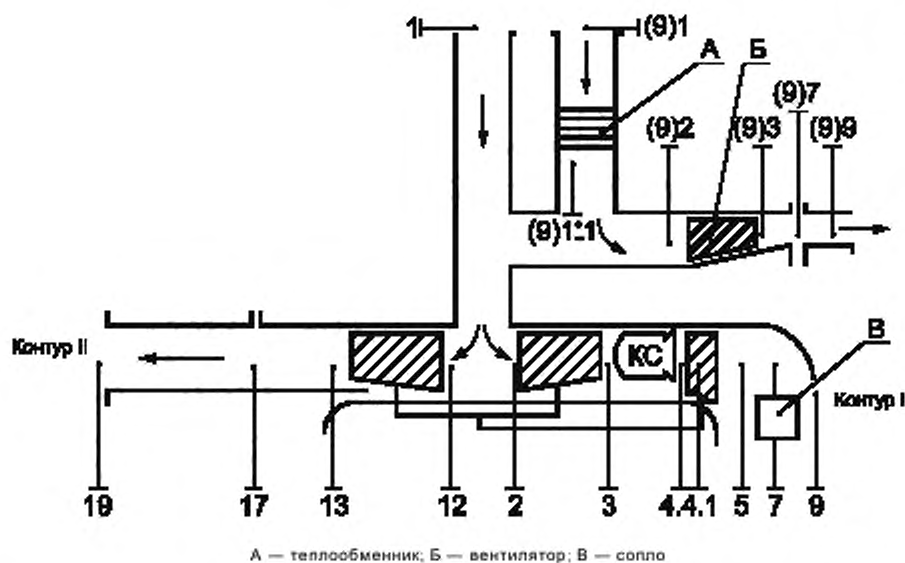


Рисунок 6 — Схема нумерации сечений вспомогательного силового блока с двумя отдельными входными потоками

4.3.3 Схема двухконтурного ТРДД со смешением контуров и реверсом тяги представлена на рисунке 7.

Реверс тяги реализован в контуре II двигателя, сечения реверсированного потока обозначены цифрами, применяемыми для этого контура. В данном случае сечениям в сопловой части реверса тяги присвоены номера (9)17, (9)18 и (9)19.

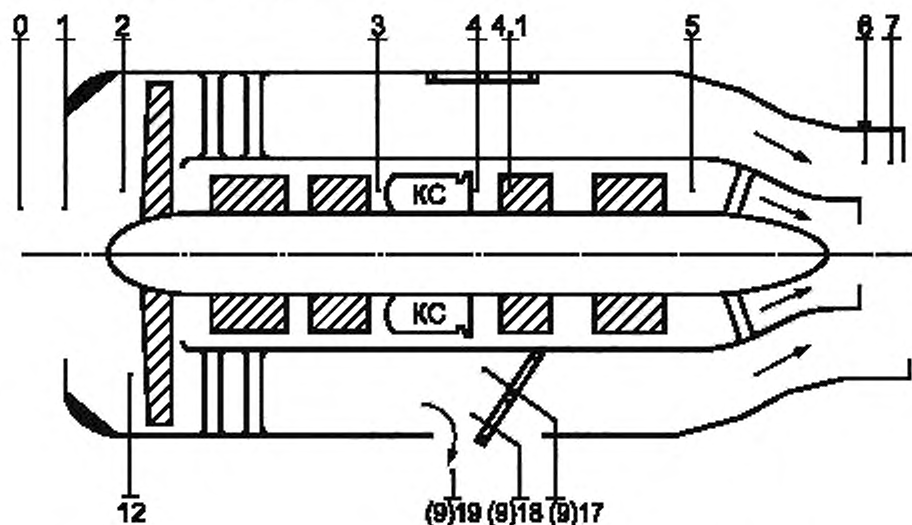


Рисунок 7 — Схема нумерации контрольных сечений для ТРДД со смешением контуров и реверсом тяги

4.3.4 Схема комплексного применения СНКС для двигателя и связанных с ним индивидуальных систем приведена на рисунке 8.

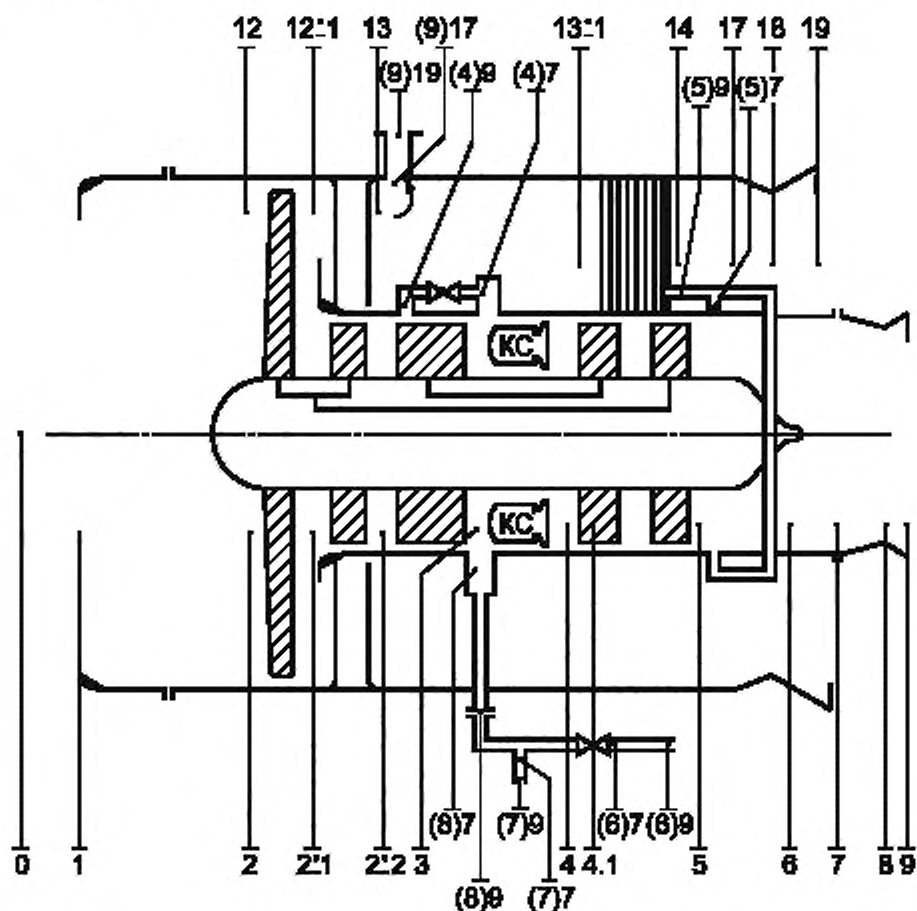


Рисунок 8 — Схема нумерации контрольных сечений для ТРДД без смешения контуров с системами отборов, перепуска и регенерации тепла
Нумерация сечений — см. таблица 3

4.3.5 Нумерация сечений для отбора воздуха на нужды двигателя и ЛА приведена в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 — Обозначение мест отбора воздуха на нужды двигателя ЛА и их нумерация

Место отбора в потоке	Номер сечения
На нужды ЛА — из контура II	(9)17; (9)19
За компрессором ВД	(8)7; (8)9
Линия постоянного отбора	(7)7; (7)9
Линия переменного отбора	(6)7; (6)9
Линия подвода и регенерации тепла в контуре II	(5)7; (5)9
Системы перепуска между ступенями КВД	(4)7; (4)9
Перед теплообменником	13_1
В смесителе (за теплообменником)	14

Представленный ТРДД имеет системы отбора и перепуска воздуха и систему регенерации тепла. Основной контур I согласно СНКС, пронумерован цифрами от 2 до 9; контур II — цифрами от 12 до 19, за исключением цифр для контрольных сечений, отсутствующих в данной схеме.

Индивидуальные потоки обозначены цифрами от (9) до (4) по числу отборов в системах ЛА и двигателя.

Нумерация по патрубкам в системах отбора рассматривается как вход и выход из сопловой части того или иного контура двигателя.

Так, для отбора воздуха из контура II за вентилятором контрольные сечения обозначены как (9)17 и (9)19.

4.4 Обозначение и индексация при буквенных обозначениях параметров воздушно-газового потока в СНКС

4.4.1 В настоящее время в научно-технической, учебной и справочной литературе всех видов для обозначения параметров состояния воздушно-газового потока в авиационных ГТД используют в основном буквенные индексы. Термины, параметры и обозначения основных элементов конструкции ГТД приняты по ГОСТ 23851 и ГОСТ 23199.

4.4.2 Данные о старой и новой системах обозначений и индексации сечений ЛА и параметров воздушно-газового потока приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 — Обозначения и индексация сечений и параметров

Место сечения для снятия параметра, обозначение индекса (по старой системе)	Обозначение параметров по системе	
	старой	новой
В невозмущенном потоке — наружной среде, Н	P_H, T_H	P_0, T_0
За винтом, ВН	$P_{ВН}^*$	P_{3P}^*
За винтовентилятором, ВВ	$P_{ВВ}^*$	P_{13P}^*
На входе в двигатель — за входным устройством перед вентилятором или компрессором, ВХ	$T_{ВХ}^*$	T_2^*
За вентилятором в наружном контуре, ВП	$T_{ВП}^*$	T_{13}^*
За вентилятором во внутреннем контуре, ВІ	$T_{ВІ}^*$	$T_{2\pm 1}^*$
За каналом наружного контура, кан. П	$P_{кан. П}^*$	P_{17}^*
За компрессором, К	T_K^*	T_3^*
За компрессором низкого давления, КНД	$T_{КНД}^*$	$T_{2\pm 2}^*$
За компрессором среднего давления, КСД	$T_{КСД}^*$	$T_{2\pm 3}^*$
За камерой сгорания, при выходе из камеры сгорания, Г	T_G^*	T_4^*
За сопловым аппаратом, перед рабочим колесом турбины высокого давления, СА	$T_{СА}^*$	$T_{4\pm 1}^*$
За турбиной, Т	T_T^*	T_5^*
За турбиной высокого давления, ТВД	$T_{ТВД}^*$	$T_{4\pm 2}^*$
За турбиной среднего давления, ТСД	$T_{ТСД}^*$	$T_{4\pm 1\pm 2}^*$
При выходе из внутреннего контура I (с общим соплом)	P_1^*, T_1^*	P_9^*, T_9^*
При выходе из наружного контура II (с общим соплом)	P_{II}^*, T_{II}^*	P_{19}^*, T_{19}^*
За диффузором, контур I, Д	P_D^*, T_D^*	$P_{5\pm 1}^*, T_{5\pm 1}^*$

Окончание таблицы 4

Место сечения для снятия параметра, обозначение индекса (по старой системе)	Обозначение параметров по системе	
	старой	новой
Перед стабилизатором форсажной камеры, контур I, X	P_X^*, T_X^*	P_{6-}^*, T_{6-}^*
За форсажной камерой, Ф	$P_{Ф}^*, T_{Ф}^*$	P_{6+1}^*, T_{6+1}^*
За камерой смешения, СМ	$P_{СМ}^*, T_{СМ}^*$	P_7^*, T_7^*
Минимальное критическое для сверхзвукового сопла (площадь), С*	F_{C*}	P_8^*
При выходе из сопла, С	P_C^*, T_C^*	P_9^*, T_9^*
При выходе из сопла наружного контура, СII	P_{CII}^*, T_{CII}^*	P_{19}^*, T_{19}^*
При выходе из сопла внутреннего контура, CI	P_{CI}^*, T_{CI}^*	P_9^*, T_9^*

Примечание — Параметры P , T и F — давление, температура и площадь сечения соответственно; * — для заторможенного потока.

4.4.3 Система нумерации контрольных сечений не отменяет существующую систему обозначений и может быть вначале использована совместно с существующей.

Образец применения существующей и новой систем приведен на рисунке 9.

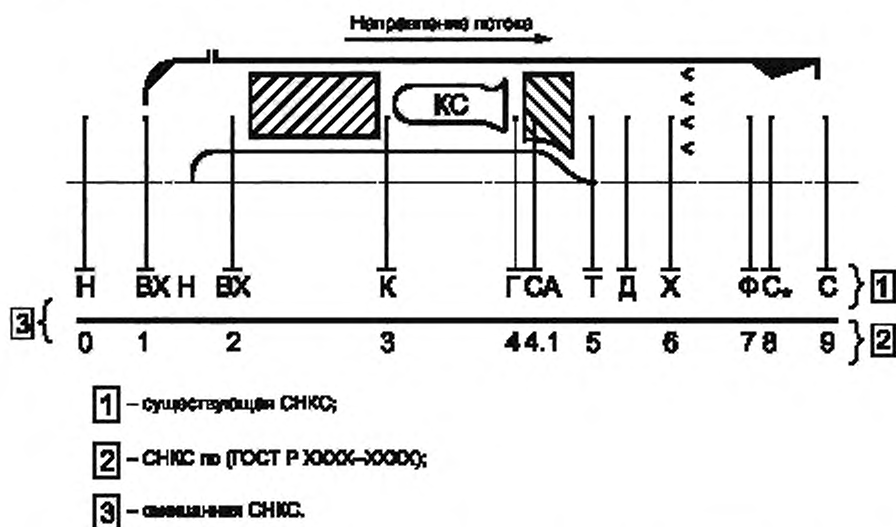
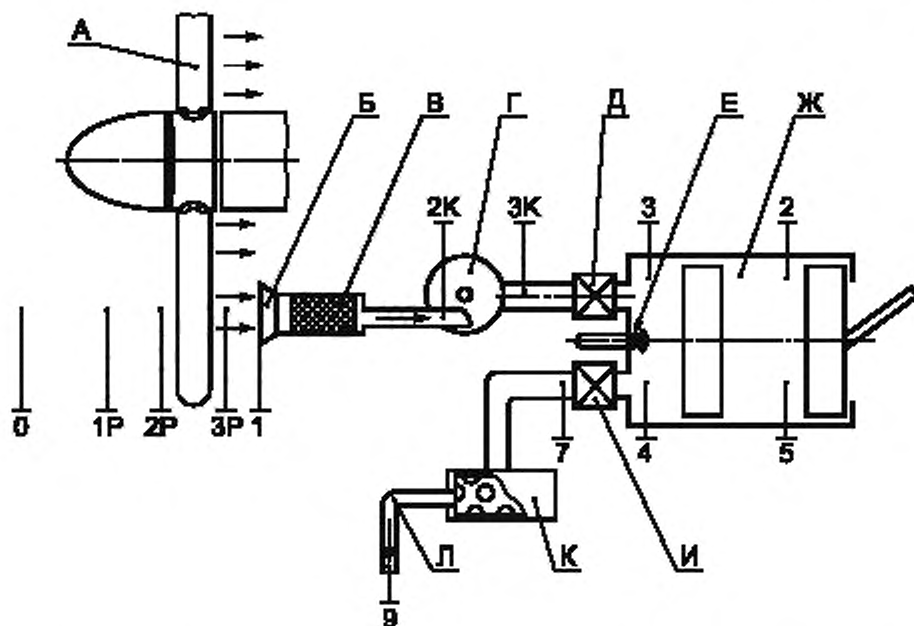


Рисунок 9 — Пример совместного применения существующей и новой систем индексации параметров состояния воздуха (газа)

5 Система нумерации контрольных сечений в поршневых авиационных двигателях

5.1 Система нумерации контрольных сечений может быть применена и для поршневых авиационных двигателей. Вариант такого применения носит рекомендательный характер.

5.2 Принципиальная схема поршневого двигателя приведена на рисунке 10.



А — воздушный винт; Б — входное устройство; В — воздушный фильтр; Г — нагнетатель воздуха на входе в двигатель; Д — клапан всасывания; Е — система подвода тепла в цилиндр двигателя; Ж — цилиндр с поршнем; И — клапан выхлопа; К — глушитель; Л — выхлопной патрубок

Рисунок 10 — Пример СНКС поршневого двигателя с системами всасывания и выхлопа

5.3 В соответствии с 4.1.2 основные процессы, протекающие в поршневом двигателе, и соответствующую им нумерацию контрольных сечений можно представить следующим образом:

- кинетическое сжатие потока на входе в двигатель — до сечения 2К;
- предварительное механическое сжатие потока (при наличии нагнетателя) — сечения 2К, 3К;
- механическое сжатие газовой смеси в цилиндре — сечения 2, 3;
- ввод тепла — сечения 3, 4;
- механическое расширение смеси — сечения 4, 5;
- расширение в выхлопной системе — сечения 7, 9.

5.4 Контрольные сечения обозначаются однозначными цифрами по направлению основного тракта воздушного и газового потоков в соответствии с выбранной базовой схемой. Если тот или иной процесс, аналогичный процессу в 4.1.2, в двигателе и его входной и выхлопной системах отсутствует, то номера сечений данного процесса опускаются с сохранением всех номеров оставшихся сечений. В результате базовая система нумерации контрольных сечений остается неизменной.

Ключевые слова: индексация параметров состояния воздуха (газа), сечения проточной части, газоздушные системы

Редактор *Г.И. Коледова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 06.09.2010. Подписано в печать 17.09.2010. Формат 60 × 84 $\frac{1}{8}$. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,47. Тираж 90 экз. Зак. 729.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 8.