

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра «ракетных двигателей»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения практических
работ по дисциплине
«Конструирование турбонасосных агрегатов
жидкостных ракетных двигателей»
для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование
авиационных и ракетных двигателей»
очной формы обучения



Воронеж 2016

Составитель д-р техн. наук А.В. Иванов

УДК 621.453/.457

Методические указания для выполнения практических работ по дисциплине «Конструирование турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей» для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.В. Иванов. Воронеж, 2016. 14 с.

В методических указаниях содержатся задания для выполнения практических работ по дисциплине «Конструирование турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей».

Предназначены для студентов пятого курса.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2010 и содержатся в файле ТНА_ПР.docx.

Табл. 11. Ил. 5. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Ю.В. Демьяненко

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. В.С. Рачук

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический
университет», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для использования при проведении практических занятий по дисциплине «Конструирование турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей». Расчетные соотношения для выполнения заданий, справочные данные по конструкционным материалам содержатся в [1], [2], [3], [4].

1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ

Выбрать из табл. 1 и обосновать выбор материала в соответствии с вариантом задания, приведенным в табл. 2.

Таблица 1

№	Марка материала
1	07X16H6
2	03X12H10MTP
3	12X18H10T
4	07X25H16AG6Ф
5	XH56BKMTЮБ (ЭП741)
6	XH55МБЮ (ЭП666)
7	XH58МБЮД (ЭК61)
8	XH59MBTKЮЛ (ЖС3-ДК)
9	XH67MBТЮ (ЭП202)
10	XH73МБТЮ (ЭИ698)
11	XH78 (ЭИ435)
12	BT6C
13	BT5-1кТ

Таблица 2

Задание	Вариант	Рабочее тело
1	1	Жидкий кислород
	2	Керосин
	3	Жидкий кислород
	4	Газообразный водород
	5	Окислительный генераторный газ с избытком кислорода
	6	Восстановительный генераторный газ с избытком водорода
	7	Восстановительный генераторный газ с избытком керосина

2. РАСЧЕТ ВАЛА НА КРУЧЕНИЕ

Выполнить расчет коэффициента запаса прочности вала на кручение в соответствии с вариантом задания, приведенным в табл. 3.

Таблица 3

Задание	Вариант	D_B , мм (рис. 1)	$D_{отв}$, мм (рис. 1)	Марка материала	Рабочая температура, К	Передаваемая мощность, кВт	Частота вращения ротора, об/мин
2	1	15	5	07X16H6	90	1,7	50000
	2	25	10	ХН58МБЮД	450	4,5	40000
	3	20	7	03X12Н10МТР	20	3,8	45000
	4	30	11	ХН55МБЮ	100	6,4	30000
	5	18	5	ХН58МБЮД	600	2,9	55000
	6	26	9	03X12Н10МТР	80	4,2	42000
	7	17	6	07X16H6	400	2,6	35000
	8	34	15	ХН58МБЮД	700	5,7	29000
	9	28	11	ХН55МБЮ	650	4,9	48000
	10	31	16	ХН55МБЮ	750	6,2	31000

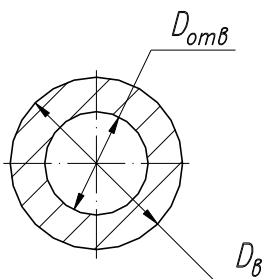


Рис. 1

3. РАСЧЕТ ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Выполнить расчет коэффициента запаса прочности шлицевого соединения на смятие и срез в соответствии с вариантом задания, приведенным в табл. 4, данные по марке материала, рабочей температуре, передаваемой мощности, частоте вращения взять из соответствующего варианта задания 2 (табл. 3).

Таблица 4

Задание	Вариант	Диаметр шлицевого соединения, мм	Модуль, мм	Длина шлицевого соединения, мм
3	1	13	0,8	5
	2	24	1	7
	3	18	1,25	9
	4	26	1	8
	5	17	0,8	5,5
	6	20	1	6
	7	14	1,25	7,5
	8	30	1	8,5
	9	23	0,8	6,5
	10	29	1,25	9,5

4. РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В КОРНЕВОМ СЕЧЕНИИ ЛОПАТКИ

Выполнить расчет напряжений от действия центробежных сил в корневом сечении лопатки осевой турбины в соответствии с вариантом задания, приведенным в табл. 5. По результатам расчета определить коэффициенты запаса прочности по пределу текучести и по пределу прочности, сделать вывод о допустимости действующих в конструкции напряжений.

Таблица 5

Задание	Вариант	Средний диаметр турбины, мм	Высота лопатки, мм	Толщина бандажа, мм	Марка материала	Частота вращения ротора, об/мин
4	1	115	12	1,2	ХН55МБЮ	40000
	2	125	10	1,1	ХН58МБЮД	45000
	3	130	14	1,3	ХН56ВКМТЮБ	50000
	4	220	25	1,25	ХН59МВТКЮЛ	30000
	5	170	18	1,15	ХН67МВТЮ	35000
	6	155	16	1,21	ХН55МБЮ	42000
	7	132	13	1,22	ХН58МБЮД	47000
	8	210	22	1,18	ХН56ВКМТЮБ	33000
	9	95	8	1,17	ХН59МВТКЮЛ	55000
	10	135	15	1,23	ХН67МВТЮ	44000

5. РАСЧЕТ РАДИАЛЬНЫХ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ОПОРЫ РОТОРА

Выполнить расчет радиальных нагрузок на опоры ротора в соответствии с вариантом задания, приведенным в табл. 6-10, рис. 2-5.

Таблица 6

Задание	Вариант	Давление на выходе из насоса, МПа	Наружный диаметр рабочего колеса насоса, мм	Ширина отвода насоса, мм	Мощность турбины, кВт
5	1	20	120	17	4
	2	22	130	16	4,5
	3	25	135	20	5
	4	30	150	21	3,5
	5	28	155	19	3,7
	6	32	140	22	4,1
	7	24	145	18	4,2
	8	27	148	24	5,2
	9	31	160	26	4,6
	10	23	125	15	4,7

Продолжение табл. 6

Задание	Вариант	Средний диаметр турбины, мм	Степень парциальности	Частота вращения ротора, об/мин	Масса ротора, кг	Дисбаланс, г·мм
5	1	140	0,4	40000	4	10
	2	145	0,6	41000	4,5	12
	3	144	0,45	39000	4,6	15
	4	150	0,5	42000	5	11
	5	160	0,55	38500	5,2	14
	6	162	0,58	40500	5,4	13
	7	154	0,49	43000	4,2	9,5
	8	152	0,47	43500	5,5	10,5
	9	155	0,52	42500	5,1	12,5
	10	157	0,51	41500	4,9	11,5

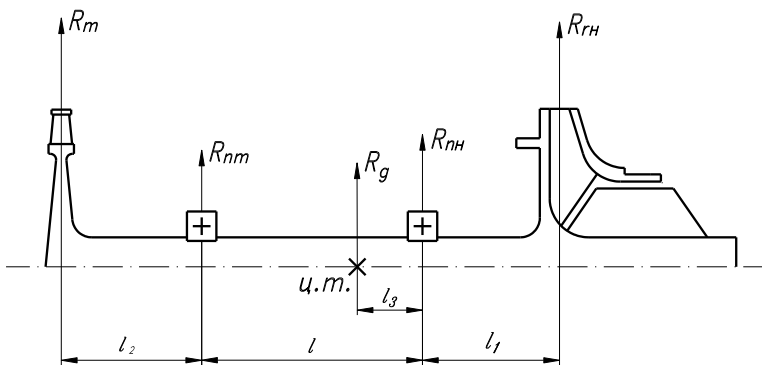


Рис. 2

Таблица 7

Подвариант (рис. 2)	l , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм
1	180	40	30	80
2	205	45	25	95
3	195	35	33	85
4	210	50	35	100
5	190	42	24	90

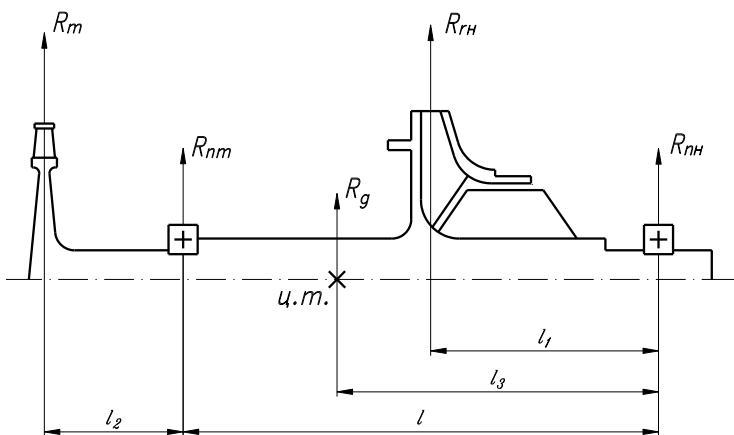


Рис. 3

Таблица 8

Подвариант (рис. 3)	l , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм
1	185	45	35	130
2	215	40	55	160
3	190	50	40	125
4	210	60	50	170
5	195	55	45	135

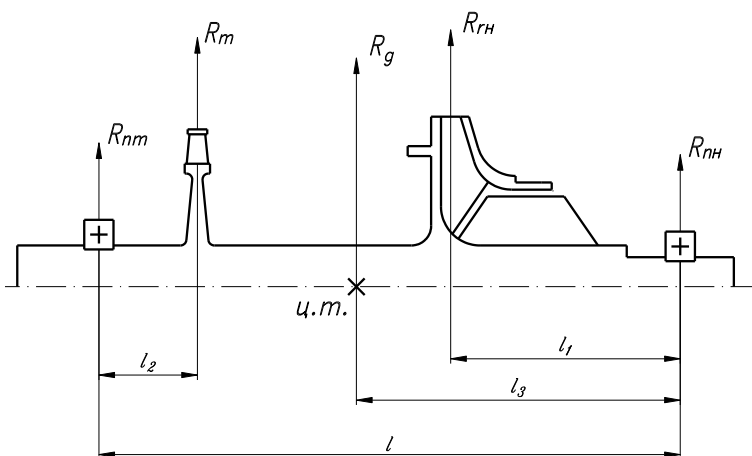


Рис. 4

Таблица 9

Подвариант (рис. 3)	l , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм
1	200	50	45	120
2	220	60	60	130
3	195	55	40	105
4	230	70	75	140
5	210	65	55	125

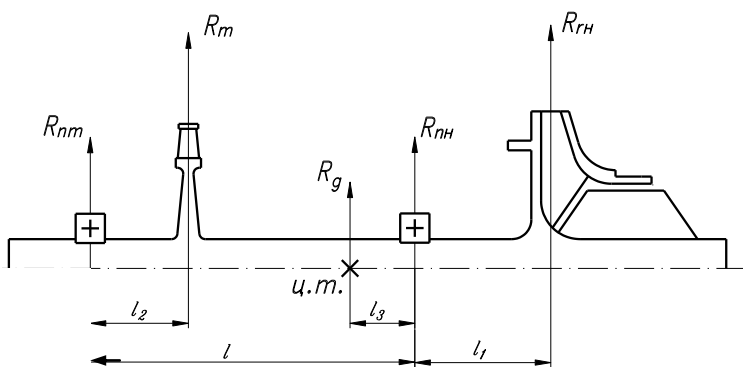


Рис. 5

Таблица 10

Подвариант (рис. 3)	l , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм
1	150	45	30	40
2	170	50	40	50
3	160	55	40	50
4	190	65	50	60
5	180	60	45	55

6. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПОСАДОЧНЫХ ДИАМЕТРОВ

Определить посадку между деталями и изменение зазора по посадке при сборке (температура 20 °С) в рабочих условиях в соответствии с вариантом задания, приведенным в табл. 11.

Таблица 11

Задание	Вариант	Диаметр соединения, мм	Посадка	Рабочая температура, К	Материал охватываемой детали	Материал охватываемой детали
6	1	32	H7/k6	20	03X12H10MTP	BT5-1кТ
	2	47	H6/m6	700	XH67MBTЮ	XH56BKMТЮБ
	3	54	G6/h7	80	BT5-1кТ	03X12H10MTP
	4	106	H7/js6	450	12X18H10T	XH58MBЮД
	5	98	G7/p6	100	XH55MBЮ	BT6C
	6	69	H6/d9	500	07X25H16AG6Ф	XH67MBTЮ
	7	84	G6/f7	20	XH59MBTKЮЛ	07X16H6
	8	39	H9/u8	600	XH58MBЮД	XH56BKMТЮБ
	9	58	H7/g6	70	БрБ2	03X12H10MTP
	10	46	H8/s7	400	07X16H6	12X18H10T

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов А.В. Проектирование насоса турбонасосного агрегата ЖРД: учеб. пособие / А.В. Иванов. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2012. 206 с.

2. Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы: справ. изд. / А.П. Шлямнев и др. – М.: Проммет-сплав, 2008. – 336 с.

3. Справочник по конструкционным материалам: справочник / Б.Н. Арзамасов, Т.В. Соловьева, С.А. Герасимов и др.; под ред. Б.Н. Арзамасова, Т.В. Соловьевой. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 640 с.

4. Ткачев В.И. Работоспособность сталей и сплавов в среде водорода / В.И. Ткачев, В.И. Холодный, И.Н. Левина. – Львов: Вертикаль, 1999. – 256 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	1
1. Обоснование выбора материалов	2
2. Расчет вала на кручение	3
3. Расчет шлицевого соединения	4
4. Расчет напряжений в корневом сечении лопатки	5
5. Расчет радиальных нагрузок, действующих на опоры ротора	6
6. Расчет температурных деформаций посадочных диаметров.....	12
Библиографический список	13

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения практических работ по дисциплине
«Конструирование турбонасосных агрегатов
жидкостных ракетных двигателей»
для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование
авиационных и ракетных двигателей»
очной формы обучения

Составитель Иванов Андрей Владимирович

В авторской редакции

Подписано к изданию 25.02.2016,
Уч.-изд. л. 0,9. «С»

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп.,14