

ИДЗ №5. Определение геометрических размеров и эффективности турбинной ступени.

Для оптимального значения безразмерного отношения скоростей определить геометрические размеры и экономичность турбинной ступени. Расчет коэффициентов расхода и потерь проводить по обобщенным газодинамическим характеристикам. Параметры пара перед ступенью $p_0, t_0(x_0), c_0$, расход пара через ступень G , средний диаметр ступени d_{cp} , прикорневая степень реактивности ρ_K . Дополнительно принять: $\alpha_0 = 90^\circ$, $\alpha_1 = (11-16)^\circ$, частота вращения n , перекрышу в ступени принять по таблице 1. Хорду профиля определить по описанным в литературе примерам расчета аналогичных ступеней или представленным ниже справочным данным (таблица 2)..

Определить:

1. теплоперепады ступени и решеток по статическим параметрам и параметрам торможения;
2. режим течения в решетках;
3. высоты сопловой и рабочей решетки;
4. число лопаток в решетке;
5. относительный лопаточный КПД ступени.

Построить:

1. эскиз ступени с обозначением контрольных сечений;
2. процесс расширения в hs-диаграмме
3. треугольники скоростей ступени (в масштабе).

Примечание:

1. Реактивность на среднем диаметре определяется по формуле

$$\rho_{cp} \approx 1 - (1 - \rho_K) \left(1 - \frac{l_2}{d_{cp}}\right)^m, \text{ где } m = 1,8.$$

Вариант	d_{cp} , м	c_0 , м/с	p_0 , МПа	$t_0(x_0)$, °C	G_0 , кг/с	ρ_K	n , Гц
1	1,93	0	0,282	230	109	0,053	50
2	3,369	0	0,374	165	284	0,162	25
3	2,05	124,5	0,131	157	109	0,076	50
4	3,41	82,6	0,206	121	273	0,138	25
5	2,24	106	0,054	86	106	0,052	50
6	3,552	114,4	0,104	101	265	0,146	25
7	2,65	104	0,0177	0,961	104	0,107	50
8	3,796	143	0,0469	80	265	0,167	25
9	1,885	0	0,49	263	119	0,214	50

Вариант	$d_p, \text{м}$	$c_0, \text{м/с}$	$p_0, \text{МПа}$	$t_0(x_0), ^\circ\text{C}$	$G_0, \text{кг/с}$	ρ_k	$n, \text{Гц}$
10	4,417	200,5	0,0179	58	253	0,099	25
11	1,93	79	0,273	205	119	0,172	50
12	1,676	0	5,55	0,998	777	0,072	25
13	2,07	92	0,141	146	115	0,131	50
14	1,709	44,0	4,71	0,977	777	0,087	25
15	2,3	120,7	0,059	85	112	0,032	50
16	1,742	43	4,01	0,96	777	0,096	25
17	2,65	182,4	0,0197	60	107	0,07	50

Таблица 1. Рекомендованные значения перекрыш в ступенях

Высота сопла $l_1, \text{мм}$	Перекрыши	
	$\Delta_p, \text{мм}$	$\Delta_k, \text{мм}$
$35 < l_1 < 150$	$(0,05-0,03) \cdot l_1$	$(0,03-0,02) \cdot l_1$
$l_1 > 150$	$(0,02-0,015) \cdot l_1$	$(0,015-0,01) \cdot l_1$

Таблица 2. Рекомендуемые к расчету геометрические характеристики проточных частей паровых турбин ТЭС и АЭС для предварительной оценки размеров проточной части

Наименование величины	Разм-ть	Одноцилиндровые турбины	Многоцилиндровые турбины		
			ЦВД	ЦСД	ЦНД
Относительная высота:					
l_1/b_1	–	0,4–1,5	0,6–2,2*	1,0–3,5*	1,0–4,0*
l_2/b_2	–	0,4–2,0	0,6–3,0*	1,5–4,0*	3,0–5,0*
Хорда профиля:					
b_1	мм	35–60	35–120 (120–150)*	65–120 (150–200)*	65–320 (150–300)*
b_2	мм	25–35	60–120*	45–100 (60–150)*	30–120 (60–200)*
Ширина решетки:					
B_1	мм	35–65	120–150*	45–100	65–330
B_2	мм	25–45	60 – 120*	60–150	30–120
Осевой зазор в камере диска:					
– передний S_1	мм	3–4	3–4	4–6	10–20*
– задний S_2	мм	3–6	4–5,5	5,5–7,0	7–10 (150*)
Периферийные зазоры:					
– радиальный δ_r	мм	0,7–1,5	0,7–1,5	0,7–2,5	2,5–10,0
– осевой δ_a	мм	1,2–2,0	1,2–2,0	2,0–3,5	3,5–6,0
Число гребней уплотнения:					
– диафрагменного z_{1y}	шт.	2–4	2–8	2–8	2–4
– периферийного z_{2y}	шт.	2	2 (4)	2 (4)	2 (4)

* – рекомендованные значения для проточных частей турбин, работающих во влажном паре