

ИДЗ №4. 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} , степень реактивности на среднем диаметре ρ_{cp} . Дополнительно принять: $\alpha_0 = 90^\circ$, $\alpha_1 = (11-21)^\circ$, частота вращения n Гц, 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 решеток;
4. число лопаток в решетке;
5. оценить прикорневую степень реактивности;
6. относительный лопаточный КПД ступени;
7. внутренний относительный КПД ступени.

Построить:

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

Примечание:

1. Прикорневая степень реактивности определяется из соотношения:

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

Вариант	$d_{cp}, \text{ м}$	$c_0, \text{ м/с}$	$p_0, \text{ МПа}$	$t_0(x_0), ^\circ\text{C}$	$G_0, \text{ кг/с}$	ρ_{cp}	$n, \text{ Гц}$
1	1,782	0,0	0,299	272	64,4	0,352	50
2	1,90	50,99	5,63	0,994	784	0,185	25
3	1,788	0,0	5,70	272	736	0,167	25
4	1,886	152,32	0,028	67	57,8	0,440	50
5	1,923	46,9	4,56	0,979	784	0,22	25
6	1,791	61,64	4,72	0,976	736	0,170	25
7	2,10	50,99	1,0	0,885	722	0,360	25

Вариант	$d_{cp}, м$	$c_0, м/с$	$p_0, МПа$	$t_0(x_0), ^\circ C$	$G_0, кг/с$	ρ_{cp}	$n, Гц$
8	1,793	61,64	0,057	118	57,8	0,349	50
9	1,949	48,99	3,72	0,958	784	0,245	25
10	1,783	48,99	0,183	223	62,5	0,351	50
11	1,974	144,22	3,01	0,940	784	0,280	25
12	1,80	60,0	3,94	0,957	736	0,177	25
13	1,789	52,92	0,106	171	60,4	0,350	50
14	1,999	56,57	2,44	0,926	755	0,310	25
15	1,813	60,0	3,28	0,941	736	0,188	25
16	1,831	31,62	2,71	0,928	678	0,211	25
17	4,06	110,45	0,0153	0,921	233	0,590	25
18	1,854	58,31	2,23	0,916	678	0,228	25
19	2,024	31,62	1,97	0,913	755	0,330	25
20	1,885	31,62	1,83	0,906	644	0,251	25
21	2,05	58,31	1,59	0,903	722	0,340	25
22	1,945	60,0	1,50	0,896	644	0,292	25
23	2,075	31,62	1,27	0,893	722	0,350	25

Таблица 1. Рекомендованные значения перекрыш в ступенях

Высота сопла l_1 , мм	Перекрыши	
	$\Delta_{п}$, мм	$\Delta_{к}$, 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