

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 $n = 50$ 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 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
1	1,560	102	0,40	258	234,9	0,08
2	0,9315	57	10,5	442	637	0,06
3	1,486	104	0,56	296	234,9	0,08
4	0,919	57	12,06	462	637	0,06
5	1,437	102	0,75	332	250	0,08
6	0,909	57	13,7	481	637	0,06
7	1,392	102	1,0	369	250	0,08
8	0,9005	0	15,74	501	637	0,06
9	1,360	101	1,27	400	253,9	0,08

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_k
10	2,540	134,5	0,0146	0,947	64,8	0,30
11	1,333	101	1,6	435	253,9	0,08
12	2,222	103	0,0361	0,976	67,1	0,20
13	1,324	100	2,05	468	285	0,08
14	1,885	78	0,152	163	72,2	0,20
15	1,303	106	2,51	499	285	0,08
16	1,810	104	0,27	218	72,2	0,20
17	1,291	53,5	3,42	540	285	0,08
18	1,303	0	5,76	0,993	759	0,1
19	1,053	55	4,45	323	605,3	0,07
20	1,344	86,4	3,816	0,942	759	0,1
21	1,031	55	5,17	343	605,3	0,07
22	1,389	96,3	2,363	0,914	713,5	0,1
23	1,011	55	5,95	362	605,3	0,07
24	1,454	102,4	1,522	0,899	683,1	0,1
25	1,002	56	6,90	382	638,6	0,07
26	1,544	109,2	0,957	0,891	645,2	0,1
27	0,985	56	7,94	407	638,6	0,07
28	1,976	87,60,2	0,55	250	127,1	0,20
29	0,944	57	9,23	422	637	0,06

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