

#### 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  $\rho_{cp}$ . 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	$d_{cp}$ , м	$c_0$ , м/с	$p_0$ , МПа	$t_0(x_0)$ , °C	$G_0$ , кг/с	$\rho_{cp}$	$n$ , Гц
1	2,267	0,0	5,63	271	756	0,249	25
2	1,130	0,0	2,55	0,962	303	0,240	50
3	1,78	0,0	0,262	234	106	0,426	50
4	2,5	88,32	0,430	205	558	0,380	25
5	2,285	63,25	4,16	253	756	0,262	25
6	3,20	0,0	0,277	168	255	0,295	25
7	1,144	40,0	1,87	0,942	288	0,255	50

Вариант	$d_{cp}, м$	$c_0, м/с$	$p_0, МПа$	$t_0(x_0), ^\circ C$	$G_0, кг/с$	$\rho_{cp}$	$n, Гц$
8	1,79	89,44	0,167	187	106	0,425	50
9	2,304	66,33	3,09	236	756	0,275	25
10	1,188	40,0	1,40	0,927	262	0,290	50
11	2,54	83,67	0,338	181	558	0,420	25
12	1,232	37,42	1,03	0,914	238	0,320	50
13	2,46	93,81	0,549	230	558	0,330	25
14	2,322	34,64	2,29	219	696	0,295	25
15	3,416	104,88	0,163	121	255	0,327	25
16	0,281	83,67	0,735	0,90	238	0,380	50
17	1,90	52,92	0,101	142	103	0,440	50
18	3,63	67,82	0,085	0,978	241	0,37	25
19	1,320	81,24	0,526	0,89	238	0,450	50
20	2,34	34,64	1,7	204	662	0,307	25
21	2,08	73,48	0,053	91	101	0,473	50
22	3,846	170,88	0,0383	0,944	241	0,435	25
23	1,430	74,83	0,398	0,881	238	0,565	50
24	2,42	0,0	0,712	259	558	0,260	25
25	2,35	104,88	0,0214	62	96,6	0,590	50

Таблица 1. Рекомендованные значения перекрыши в ступенях

Высота сопла $l_1$ , мм	Перекрыши	
	$\Delta_n$ , мм	$\Delta_k$ , 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 $\delta_r$	мм	0,7–1,5	0,7–1,5	0,7–2,5	2,5–10,0
– осевой $\delta_a$	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