

## РАСЧЕТ СТУПЕНИ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

Студенты-заочники выбирают вариант задания на контрольную работу по последней цифре своего шифра и в соответствии с номером группы, которая устанавливается в зависимости от начальной буквы фамилии студента:

Р, С, Т, У, Ц, Ч, Ш	- I группа;
Л, М, Н, О, П, Х	- II группа;
Е, Ж, З, И, К, Ф	- III группа;
А, Б, В, Г, Д, Щ, Э, Ю, Я	- IV группа.

На основании данных: давление пара на входе в ступень  $p_0$  (МПа), температура пара на входе в ступень  $t_0$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), степень реактивности  $\rho$  и характеристикой турбинной ступени  $\gamma = \frac{u}{c_1}$ , приведенных в

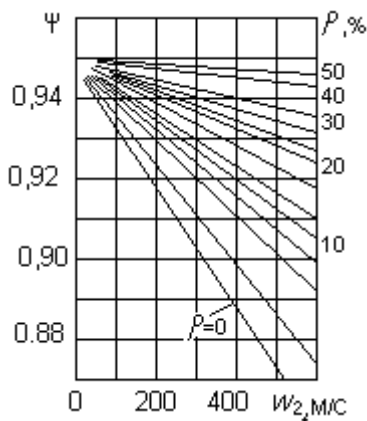
таблице, произвести расчет ступени паровой турбины, изобразить треугольник скоростей и тепловой процесс ступени в  $h$ - $S$  координатах.

Исходные данные к расчету

Исход. данные	Г р.	Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_0$ МПа	1	3,0	2,5	4,0	3,5	3,0	2,5	4,0	3,5	3,0	2,5
	2	2,5	3,0	3,5	4,0	2,5	3,0	3,5	4,0	3,5	4,0
	3	4,0	3,5	3,0	2,5	4,0	3,5	3,0	2,5	4,0	3,0
	4	3,5	4,0	2,5	3,0	3,5	4,0	2,5	3,0	2,5	3,5
$t_0$ $^{\circ}\text{C}$	1	500	510	550	530	520	530	510	500	530	510
	2	530	520	540	500	540	540	530	510	500	520
	3	550	530	530	550	560	550	550	520	550	530
	4	510	540	520	510	500	560	520	530	510	540
$P_2$ МПа	1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3
	2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2
	3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3
	4	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2
$\rho$	1	0,4	0,3	0,48	0,39	0,5	0,3	0,48	0,39	0,5	0,4
	2	0,5	0,35	0,46	0,41	0,4	0,35	0,46	0,41	0,4	0,5
	3	0,45	0,4	0,44	0,43	0,3	0,4	0,44	0,43	0,3	0,45
	4	0,35	0,45	0,42	0,45	0,5	0,45	0,42	0,45	0,5	0,35
$\gamma$	1	0,8	0,75	0,71	0,82	0,69	0,72	0,89	0,62	0,75	0,82
	2	0,7	0,65	0,73	0,84	0,67	0,74	0,87	0,64	0,65	0,84
	3	0,6	0,85	0,75	0,88	0,65	0,76	0,85	0,66	0,85	0,88
	4	0,9	0,75	0,77	0,86	0,63	0,78	0,83	0,68	0,75	0,86

1. По начальным параметрам пара  $p_0$  и  $t_0$  найти на  $h$ - $S$  диаграмме (рис.12) точку  $O$  и определить в ней энтальпию пара  $h_0$  (кДж/кг).
2. Провести от точки  $O$  адиабату до пересечения с изобарой  $p_2$  в точке  $2_t'$  и найти энтальпию в этой точке  $h_{2_t'}$  (кДж/кг).
3. Определить располагаемый теплоперепад  $h_a = h_0 - h_{2_t'}$  (кДж/кг).
4. Вычислить теплоперепад используемый в сопле  $h_c = \rho \cdot h_a$  (кДж/кг).
5. От точки  $O$  отложить теплоперепад  $h_c$  и получить точку  $1t$ . Определить изобару  $P_1$  (проходящую через эту точку), соответствующую давлению пара на выходе из сопел.
6. Выбрать значение коэффициента скорости  $\varphi$  (0,94...0,98) и определить потерю теплоты в сопле  $q_c = (1 - \varphi^2) h_c$  (кДж/кг).
7. От точки  $1t$  отложить вверх потерю  $q_c$  и, проведя горизонталь до пересечения с изобарой  $p_1$ , найти точку  $1$  соответствующую действительному состоянию пара на выходе из сопла. Линия  $O1$  характеризует условный процесс расширения пара в сопле. Определить энтальпию в точке  $1$   $h_1$ .
8. Из точки  $1$  провести адиабату до пересечения с изобарой  $P_2$  в точке  $2t$  и определить энтальпию в этой точке  $h_{2t}$ .
9. Определить теплоперепад срабатывающий на рабочих лопатках  $h_p = h_1 - h_{2t}$  (кДж/кг).
10. Найти теоретическую скорость пара на выходе из сопла  $c_{1t} = \sqrt{2h_c}$  (м/с) при  $h_c$  в (Дж/кг) или  $c_{1t} = 44,8\sqrt{h_c}$  при  $h_c$  в (кДж/кг).
11. Определить действительную скорость пара на выходе из сопла  $c_1 = \varphi \cdot c_{1t}$ .

12. Определить окружную скорость  $u = c_1 \cdot \gamma$  (м/с).
13. Выбрав угол наклона сопла  $\alpha_1$  ( $16^\circ \dots 35^\circ$ ) построить входной треугольник скоростей, по которому вычислить относительную скорость пара  $w_1$  на входе на рабочие лопатки.
14. Рассчитать относительную теоретическую скорость  $w_{2t}$  пара на выходе из рабочих лопаток  $w_{2t} = \sqrt{2h_p + w_1^2}$  (м/с).
15. Выбрать значение коэффициента скорости рабочей решетки  $\psi$  по графику, приведенному на рис.1, и определить действительную относительную скорость истечения пара из рабочей решетки  $w_2 = \psi \cdot w_{2t}$  (м/с).



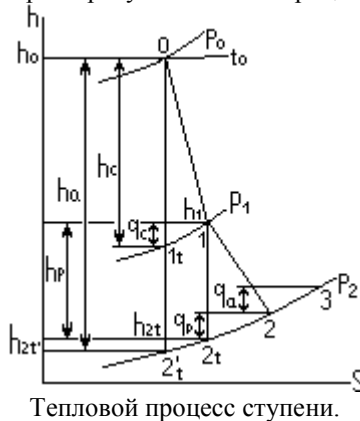
Зависимости для выбора коэффициента скорости

16. Определить потери на рабочих лопатках  $q_p = (1 - \psi^2) h_p$  (кДж/кг). Отложить их значение от точки 2t вверх и, проведя горизонталь до пересечения с изобарой  $P_2$ , найти точку 2 соответствующую действительному состоянию пара на выходе из сопла. Линия 1-2 характеризует процесс расширения пара на рабочих лопатках.
17. По значению относительной скорости  $w_2$  и углу  $\beta_2 = \beta_1 - (3 \dots 5^\circ)$  построить выходной треугольник скоростей и найти абсолютную скорость  $c_2$ .



Треугольник скоростей

18. Определить потери с выходной скоростью  $q_a = \frac{c_2^2}{2000}$  (кДж/кг). Отложить их от точки 2 вверх и, проведя горизонталь до пересечения с изобарой  $P_2$ , найти точку 3, соответствующую состоянию пара на выходе из ступени. Линия 0-1-2-3 характеризует тепловой процесс в рассматриваемой ступени.



Тепловой процесс ступени.