

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЛАБИРИНТОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Кондаков А.А., Шевелев С.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: kondakov_alexandr@tpu.ru

Эффективность работы ступени и турбины в целом определяется различными потерями энергии. Этими потерями определяется относительный внутренний КПД турбины, который, в свою очередь, определяет внутреннюю мощность установки. Поэтому для повышения эффективности (соответственно, и внутренней мощности) работы турбины важным аспектом является сведения данных потерь энергии к минимуму.

Для данной задачи применяют различные виды уплотнений. В современном турбостроении наиболее распространенными являются лабиринтовые уплотнения, которые состоят из чередующихся щелей, где происходит ускорения потока, и вихревых камер, где энергия потока рабочего тела гасится.

В настоящей работе рассматривается влияние начального давления перед уплотнением и количества гребней на расход рабочего тела.

На рисунке 1 представлена схема экспериментального стенда.

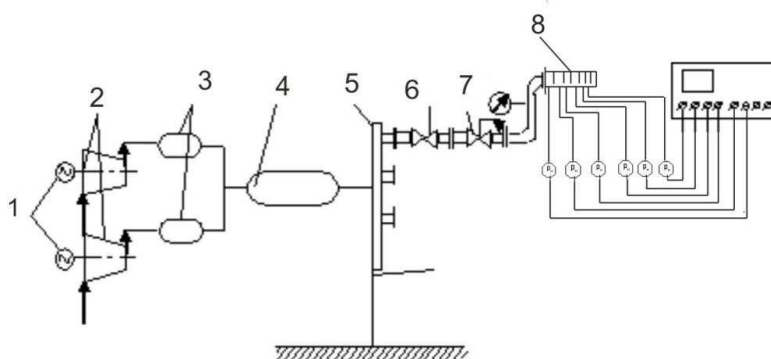


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки

Экспериментальный стенд состоит из двух функциональных групп. Первая группа представляет собой компрессорную станцию. Основой компрессорной станции служат два поршневых компрессора 2 с электроприводом 1. Каждый компрессор имеет собственный ресивер 3 объемом 80 литров. Далее сжатый воздух поступает в общий ресивер 4 объемом 800 литров, после которого по трубопроводу диаметром 108 мм поступает в лабораторию. Из коллектора 5 сжатый воздух по трубопроводу $d_y = 50$ мм поступает через затвор 6 к регулятору давления 7, который позволяет поддерживать постоянное давление на входе в рабочий участок 8.

Рабочий участок (см. рис. 2) состоит из одиннадцати основных деталей: фланец 1, нижняя часть корпуса 2, две боковые стенки 3, крышка 4, шесть гребней 5.

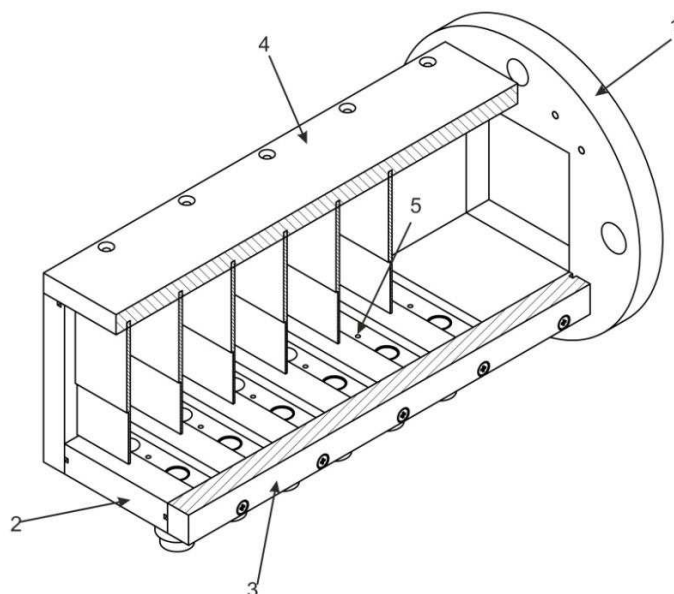


Рис. 2. Рабочий участок

Сборка начинается с присоединения, с помощью винтов, к нижней части 2 корпуса двух боковых стенок 3. После этого, между двумя стенками устанавливаются шесть гребней уплотнения в специальные пазы, выполненные в боковых стенках 4 и прижимаются крышкой 4.

В нижней части корпуса устанавливаются 6 датчиков давления, измеряющих давления в вихревых камерах.

Задачей проведения эксперимента является определение давления в вихревых камерах модели, которые представляют собой пространство, образованное двумя гребнями, крышкой и нижней частью корпуса.

Было проведено три серии опытов для различных чисел гребней ($z = 6$, $z = 4$, $z = 2$). В каждой серии измерялось давление в пяти вихревых камерах при различных начальных давлениях на входе в рабочий участок. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Расход определяется из выражения:

$$G_y = k_y \mu_y F_y \sqrt{\frac{P_0}{\rho_0}} \sqrt{\frac{1 - \varepsilon^2}{z}}. \quad (1)$$

На рисунке 3 приведены зависимости расхода воздуха от давления при числе гребней $z = 6$, 4 , 2 .

Как видно из рисунка 3, полученные кривые имеют нелинейный характер. Это объясняется с помощью уравнения при течении газа в ка-

нале. Уравнение неразрывности для потока несжимаемой жидкости имеет вид:

$$G = \frac{Fv}{v} \quad (2)$$

Таблица 1. – Результаты экспериментальных данных

6 гребней уплотнения				4 гребня в уплотнении								
Датчик №	P (атм)	G	Датчик №	P (атм)	G	Датчик №	P (атм)	G кг/с	Датчик №	P (атм)	G кг/с	
1	1,26	0,018049	1	1,35			1	2,5	0,02955	1	2	0,039646
2	1,18		2	1,24			2	2,18		2	1,7	
3	1,165		3	1,21			3	2,05		3	1,62	
4	1,09		4	1,13			4	1,65		4	1,34	
5	1,075		5	1,1			Датчик № P (атм) G		Датчик № P (атм) G			
6	1,065		6	1,085	0,02063		1	1,51	0,04691	1		
Датчик № P (атм)		G кг/с	Датчик № P (атм)		G	Датчик № P (атм)		G кг/с	Датчик № P (атм)		G кг/с	
1	1,9	0,030978	1	2		2	1,33		2			
2	1,64		2	2,72		3	1,28		3			
3	1,58		3	1,65		4	1,13		4			
4	1,405		4	1,45		Датчик № P (атм) G кг/с		Датчик № P (атм) G кг/с				
5	1,28		5	1,32		1	1,5	0,041791	1	2		
6	1,23		6	1,255	0,029485	2	1,2		2	1,45	0,056068	
Датчик № P (атм)		G кг/с	Датчик № P (атм)		G кг/с	Датчик № P (атм)		G кг/с	Датчик № P (атм)		G кг/с	
1	2,3	0,036097	1	2,4		1	2,5	0,06634	1			
2	1,96		2	2,04		2	1,76		2			
3	1,88		3	1,98								
4	1,65		4	1,72								
5	1,46		5	1,5								
6	1,37		6	1,41	0,032371							
Датчик № P (атм)		G кг/с	Датчик № P (атм)		G кг/с	Датчик № P (атм)		G кг/с	Датчик № P (атм)		G кг/с	
1	2,7	0,040341	1	2,9								
2	2,33		2	2,54								
3	2,24		3	2,38								
4	1,93		4	2,04								
5	1,63		5	1,69								
6	1,5		6	1,56	0,042249							

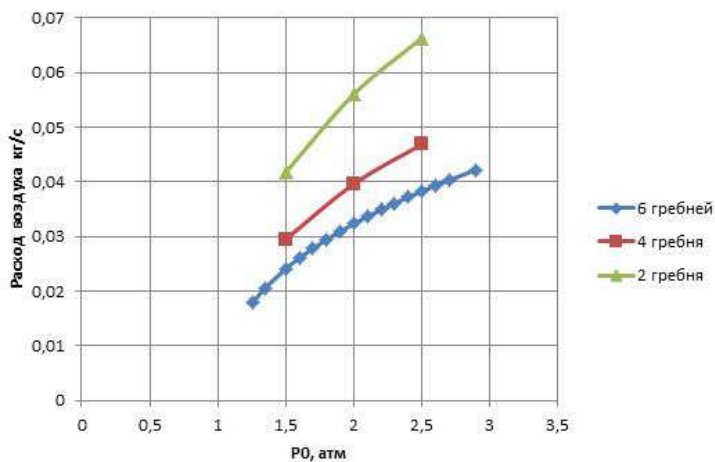


Рис. 3. Расходы воздуха через уплотнение в зависимости от числа гребней и начального давления

Уравнение для скорости при адиабатическом течении жидкости:

$$c = \left[2c_p \bar{T}_0 \left(1 - \varepsilon^{\frac{k-1}{k}} \right) \right]^{0,5}, \quad (3)$$

т. е. расход пропорционален скорости, а скорость, в свою очередь, зависит от отношения давлений как степенная функция. Данные два выражения подтверждают нелинейность экспериментальной зависимости расхода воздуха от начального давления.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что при любом числе гребней при повышении начального давления расход воздуха через уплотнение увеличивается. Кроме того, при уменьшении числа гребней наблюдается рост расхода, т. е. при одном и том же перепаде давлении перед лабиринтом меньший расход будет у того уплотнения, у которого большее число гребней.

Исходя из вышеперечисленных заключений, можно сделать вывод о правильности выполнения эксперимента.

Список литературы:

1. Трухний А.Д., Лосев С.М. Стационарные паровые турбины. – М.: Энергоиздат, 1981. – 456 с.
2. Щегляев А.В. Паровые турбины: учебник. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1967. – 367 с.
3. Паровые и газовые турбины: учебник / М.А. Трубилов [и др.]; под ред. А.Г. Костюка. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.

УДК 621.18

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ ИММЕРСИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕЧЕНИЙ МЕТОДОМ ЛДА В МОДЕЛЯХ ТОПОК СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Рахманов В.В.

Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

E-mail: aleks@itp.nsc.ru

Методы ЛДА диагностики в решении задач изучения аэродинамических характеристик топок являются особенно перспективными, так как обладают низкой погрешностью измерений и не приносят отклонений в исследуемый поток [1]. Для ЛДА диагностики необходим оптический доступ к исследуемому процессу. С этой целью модели топок стараются выполнить из оптически прозрачных материалов, таких как кварцевое или органическое стекло. Лазерные зондирующие лучи проходят границы раздела воздух-стекло-воздух или воздух-стекло-вода и