

## ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТИПОВОЙ НАТУРНОЙ СОПЛОВОЙ КОРОБКИ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ХТГЗ

*Кандидат техн. наук, доц. Э. Г. БРАТУТА,  
кандидат техн. наук Д. Н. ПЯСИК, инженер С. П. ШАТИЛОВ*

*Харьковский ордена Ленина политехнический институт имени В. И. Ленина  
Харьковский ордена Ленина турбинный завод имени С. М. Кирова*

Как известно [1], регулирующая ступень турбины должна быть рассчитана таким образом, чтобы ее пропускная способность была при всех режимах равна или больше пропускной способности всех остальных ступеней. Кроме того, так как эта ступень перерабатывает большие теплоперепады, то следует стремиться к возможно более высокому ее к. п. д.

В то же время необоснованное назначение площади проходных сечений сопловой коробки может привести к существенному перераспределению давлений в камере регулирующей ступени, что повлечет за собой не только снижение к. п. д. этой ступени, но и отсека ступеней ц. в. д. в целом.

В связи с этим на специальном пародинамическом стенде [2] были проведены опыты по исследованию пропускной способности типовой натурной сопловой коробки, которая применяется в современных мощных паровых турбинах, выпускаемых ХТГЗ имени С. М. Кирова.

Направляющий аппарат первой ступени современных турбин большой мощности отличается парциальным подводом пара, осуществляемым с помощью четырех—шести сопловых коробок, имеющих сложную конфигурацию пароподводящих устройств. В каждой сопловой коробке размещена решетка с малой относительной высотой профиля и силовыми стойками на входе.

Так как параметры пара, реализуемые в экспериментальной установке, существенно отличаются от натуральных, то одной из главных задач эксперимента являлось исследование коэффициентов расхода в функции независимого изменения критериев Рейнольдса и Маха.

Как видно из рис. 1, опыты, проведенные в диапазоне чисел  $Re$  от  $5 \cdot 10^5$  до  $2 \cdot 10^6$  обнаруживают четко выраженную автомодельность коэффициента расхода  $\mu$  по указанному критерию<sup>1</sup>, что обеспечивает возможность использования полученных результатов вплоть до натуральных чисел  $Re = 1,7 \cdot 10^7$ .

Кроме того, самостоятельно исследовалось влияние на расходные характеристики критерия  $M$ , что представляет интерес при оценке пропускной способности облопачивания на частичных режимах работы турбины.

На рис. 2 представлена указанная зависимость  $\mu$  от критерия  $M$ , обнаруживающая обычную для сопловых решеток тенденцию к увеличению коэффициентов расхода с ростом чисел Маха.

Для выявления самостоятельного влияния пароподводящих элементов сопловой коробки на расходные характеристики последней целесооб-

<sup>1</sup> Коэффициент расхода решетки  $\mu$  подсчитывался как отношение действительно протекающего количества пара  $G_d$ , измеренного в эксперименте, к теоретическому количеству  $G_T$ , которое протекало бы при изэнтропическом процессе расширения и одинаковых с действительным процессом начальных параметрах и противодавлении.

разно сравнить представленные выше данные с результатами продувки плоской решетки, составленной из профилей того же типа Н-1, с теми же геометрическими характеристиками. Указанное сравнение было проведено путем использования результатов воздушных продувок решеток профилей Н-1, полученных в работе [3]. Так как на коэффициент расхода существенное влияние оказывают и силовые стойки, расположенные на входе в решетку, то соответствующая поправка к коэффициенту расхода плоской решетки без силовых стоек была сделана по [4]. Допустимость взаимного использования данных паровых и воздушных продувок для оценки пропускной способности геометрически идентичных решеток подтверждена результатами нашей работы [5].

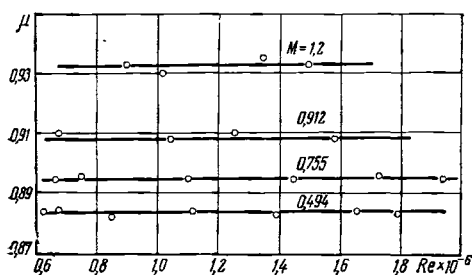


Рис. 1. Коэффициенты расхода натурной сопловой коробки в функции критерия Рейнольдса при различных числах Маха

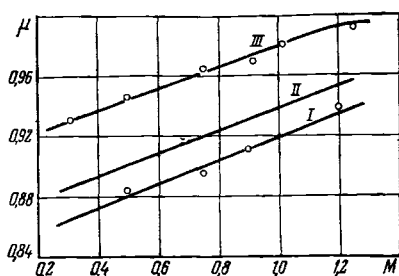


Рис. 2. Зависимость коэффициентов расхода от числа Маха:

I — натурная сопловая коробка; II — плоская сопловая решетка с силовыми стойками; III — плоская сопловая решетка без силовых стоек

Кривая II рис. 2, построенная в соответствии с изложенными соображениями, отражает пропускную способность плоской сопловой решетки с силовыми стойками на входе.

Снижение коэффициентов расхода сопловой коробки (кривая I) сравнительно с величинами, представленными кривой II, непосредственно отражает влияние пароподводящего тракта сопловой коробки. При этом характерно, что обнаруженное влияние практически не зависит от критерия M в сравнительно широком диапазоне от  $M=0,3$  до  $M=1,2$  и составляет порядка 2%.

Полученное в эксперименте значение коэффициента расхода соплового аппарата первой ступени ЦВД, как это видно из рис. 2, существенно отличается от обычно задаваемого значения  $\mu=0,97$ , принимаемого в практике тепловых расчетов проточной части. Так, при числах  $M=0,5 \div 0,6$ , соответствующих условиям работы исследуемой сопловой коробки, указанное отличие достигает примерно 8—9%.

При обработке опытных данных критерии Маха и Рейнольдса вычислялись по параметрам на выходе из сопловой коробки при условии изоэнтропного расширения. В качестве определяющего размера использовался эквивалентный диаметр, найденный по высоте и размеру горла решетки.

Опубликованные в последние годы результаты непосредственного измерения давления пара в камере регулирующей ступени турбин различных типов [6] показывают заметное отклонение этого параметра от его расчетного значения. Это обстоятельство, связанное в основном с обнаруженным в настоящей работе рассогласованием между назначаемой

в расчетах и действительной пропускной способностью, приводит к ухудшению к. п. д. регулирующей ступени и отсека ступеней ЦВД и, кроме того, может явиться причиной нерасчетных условий работы упорного подшипника турбины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев В. К., Санталов С. А. Тепловые расчеты судовых паровых и газовых турбоагрегатов. Судпромгиз, 1960.

2. Братута Э. Г., Пясик Д. Н., Шатилов С. П. Влияние режимных параметров и геометрических характеристик на пропускную способность решеток направляющих лопаток при течении перегретого пара. «Изв. вузов СССР — Энергетика», 1968, № 6.

3. Федоров М. Ф. Исследование расходных характеристик решеток. Тр. ХПИ. «Паровые и газовые турбины», т. XXIX, вып. 2, 1960.

4. Юшкевич Ю. Э., Гольман В. И., Пясик Д. Н. Влияние силовых стоков диафрагм на коэффициент расхода и к. п. д. ступени высокого давления паровых турбин. «Энергомашиностроение», 1968, № 2.

5. Братута Э. Г., Пясик Д. Н., Юшкевич Ю. Э. Влияние показателя изоэнтропы на расходные характеристики решеток профилей. «Энергомашиностроение», 1969, № 7.

6. Комаров Н. Ф., Ковецкий В. М., Рузанков В. Н. Результаты тепловых испытаний турбины К-200-130 ЛМЗ. «Теплоэнергетика», 1965, № 6.

Представлена кафедрой  
общей теплотехники

[18.XI.1971]