

А.А. КУНИЦИН, А.В. ЛАПУЗИН, канд. техн. наук, доцент.

Методологические основы экспериментального определения потерь давления в трубопроводе за ЦВД паровой турбины.

Уровень газодинамического совершенства отсека последняя ступень-выходной патрубков ЦВД - ресивер ВД - НД зависит от степени совершенства последней ступени, выходного патрубка и ресивера в условиях их взаимовлияния.

Из рабочего колеса последней ступени выходит кольцевая струя, которая в проточной части патрубка трансформируется в несколько потоков. Организация этого процесса, обеспечивающая минимизацию гидравлических потерь и неравномерности параметров потока за ступенью и патрубком, является весьма сложной.

Анализ конструкций выходных патрубков высокого давления паровых турбин отечественных и зарубежных фирм показывает, что они имеют весьма большие различия как по форме, так и по размерам проточных частей. Из этого можно сделать вывод о том, что в настоящее время конструкторы проточных частей цилиндров высокого давления и ресиверов не располагают необходимыми материалами для формирования проточных частей отсеков последняя ступень-выходной тракт ЦВД, имеющих высокое аэродинамическое совершенство.

Существенное влияние на экономичность паротурбинной установки оказывают потери давления в линии промежуточного перегрева, которые в первых образцах турбины К-160-130 находились на уровне от 17 до 22 % от давления за ЦВД, а после модернизации снизились до 12%. Входным сечением каждой «нитки промперегрева» является круглое входное сечение выходного патрубка ЦВД. В этом сечении пар вращается вокруг оси трубы, имеет не осесимметричную пространственную структуру и достаточно высокую кинетическую энергию, которая обычно в 1,5 раза превышает кинетическую энергию, определенную по среднерасходной составляющей скорости (коэффициент Кориолиса $N_2=1,5$). На начальном участке трубопровода (ресивера) поток раскручивается, а избыточная кинетическая энергия теряется в процессе, который близок к изобарическому.

Очевидно, что гидравлические потери (потери давления торможения) в ресивере и в выходном патрубке ЦВД взаимосвязаны, и избыточная кинетическая энергия $E_2 (N_2-1)$ может быть включена или в потери выходного патрубка или в потери ресивера.

В первом случае потери в выходном патрубке ЦВД следует оценивать не по коэффициенту гидравлических потерь, $\zeta_{г.п}$ а по коэффициенту

$$\zeta'_{г.п} = \zeta_{г.п} + (N_2 - 1) / (n_{п}^2 N_1).$$

В формуле $n_{п}$ - степень расширения выходного патрубка, N_1 -коэффициент Кориолиса в его входном (кольцевом) сечении. Для расчета коэффициента гидравлических потерь ресивера $\zeta'_{г.р}$ давление торможения в сечении необходимо скорректировать в сторону уменьшения до значения, соответствующего поступательному потоку ($N_2 = 1$).

Во втором случае гидравлические потери на любом участке ресивера определяются по фактическим осредненным значениям давления и давления торможения в сечении и давления торможения P_3^* в выходном сечении ресивера

$$\zeta_{г.р} = (P_2^* - P_3^*) / (P_2^* - P_2).$$

Для расчета коэффициента $\zeta_{г.р}$ на начальном участке ресивера за ЦВД турбины К-120-7,65 может быть использована формула

$$\zeta_{г.р} = ((\zeta_{п.т} - \zeta_{г.п} - 1) / (N_1 n_{п}^2 n_{д}^2)) / (\zeta_{п.п} - \zeta_{г.п}),$$

в которой N_1 - число Кориолиса во входном сечении выходного патрубка (ВП); $\zeta_{п.п}$ и $\zeta_{г.п}$ - полные и гидравлические потери ВП, $\zeta_{п.т}$ - полные потери тракта, состоящего из ВП и ресивера, $n_{д}$ – степень расширения конического диффузора, расположенного за ВП. По результатам эксперимента [1] $\zeta_{г.р} = 0,65$, чему соответствует снижение давления торможения на 0,45% на начальном участке ресивера протяженностью 7,5м.

На этом участке располагается конический диффузор с центральным углом раскрытия 8° и степенью расширения $n_{д}=1,3$; два сварных колена диаметром 800мм, в которых поток поворачивает на 90° и прямой участок длиной 2,9м.

Расчеты по справочнику [2] занижают потери в 1,3 раза.

Список литературы:

1. *Гаркуша А.В.* Аэродинамические исследования перепускного тракта ВД-НД турбины К-120-7.65: отчет о НИР / *рук Гаркуша А.В.; исп. Лапузин А.В.* // Харьковский политехнический институт – 1991 – С. 70.
2. *Идельчик И.Е.* Справочник по гидравлическим сопротивлениям [текст] / *Идельчик И.Е* // М.Машиностроение – 1975 – С. 559.