

УДК 621.165 : 532

Ю.А. ЮДИН, канд. техн. наук, А.В. ЛАПУЗИН, канд. техн. наук

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ШИРОКОРЕЖИМНОГО ДЕФЛЕКТОРА НА ПОТЕРИ В ДИФфуЗОРЕ ВЫХЛОПНОГО ПАТРУБКА ЦНД ТУРБИНЫ

Наведені результати аеродинамічних експериментальних досліджень осьорадіального диффузора вихлопного патрубка ЦНТ потужної парової турбіни сумісно з останнім ступенем в широкому діапазоні зміни режимів її роботи. Доведений істотний вплив на коефіцієнти втрат в диффузорі форми широкорежимного дефлектора, який встановлений за останнім ступенем турбіни. Визначені аеродинамічні сили, що діють на дефлектори різних форм під час зміни режиму роботи останнього ступеня.

The results of aerodynamic experimental investigation of axial-radial diffuser of the exhaust chamber of the LPC powerful steam-turbine jointly with the last stage in the wide range of change of its modes operation are resulted. It is shown that large influence on the coefficients of losses in diffuser is had by the form of wide mode deflector, located after the last stage of turbine. Aerodynamic forces operating on deflector different forms at the change of the modes of operations of the last stage are estimated.

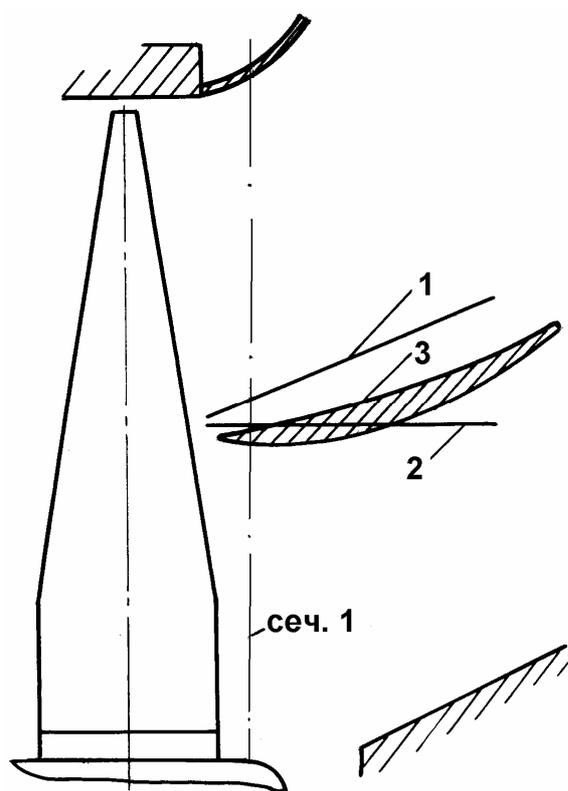


Рис. 1. Варианты дефлекторов

цилиндрический – 2 и криволинейный – 3 с формой, близкой к линиям тока в диффузоре ВП на режиме осевого выхода из последней ступени $u/c'_\phi = 0,6$ (фиктивная

Снижение объемных расходов пара через последнюю ступень турбины сопровождается существенными изменениями, как в самой ступени, так и в выхлопном патрубке (ВП) [1-3]. Для повышения эффективности работы отсека последняя ступень – диффузор ВП на кафедре турбиностроения НТУ «ХПИ» предложено использовать широкорежимный дефлектор конической формы [4]. Дефлектор позволяет на режимах близких к оптимальному сохранить КПД отсека на неизменном уровне, а на режимах пониженных объемных расходов уменьшить размеры привтулочной циркуляционной зоны и коэффициент полных потерь выхлопного патрубка.

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований осерадиального диффузора с тремя вариантами дефлекторов, установленных за последней ступенью турбины (рис. 1). Конический дефлектор – 1 с углом раскрытия $\sim 22^\circ$ [4],

скорость c'_ϕ и коэффициент полных потерь ζ'_n определены с использованием барометрического давления на выходе осерадиального диффузора).

Форма широкорежимного дефлектора, как показали исследования, оказывает существенное влияние на распределение параметров, потери в диффузоре и аэродинамические силы, действующие на дефлектор. Причем, это влияние зависит от режима работы последней ступени. На режиме $u/c'_\phi = 0,6$ у диффузора с цилиндрическим дефлектором существенно (на 0,2) увеличился коэффициент полных потерь по сравнению с вариантами диффузоров без дефлектора и с дефлектором 1.

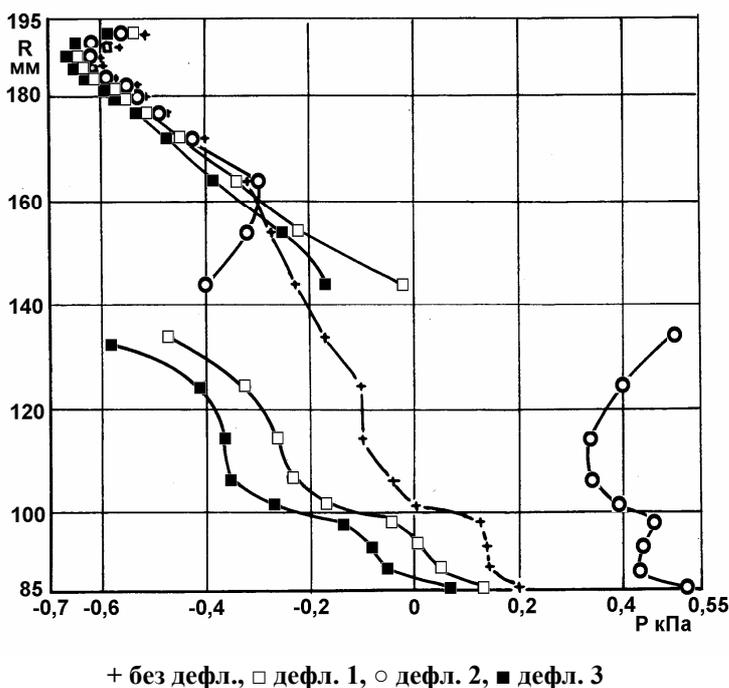


Рис. 2. Распределение давления в сеч. 1 при $u/c'_\phi = 0,6$

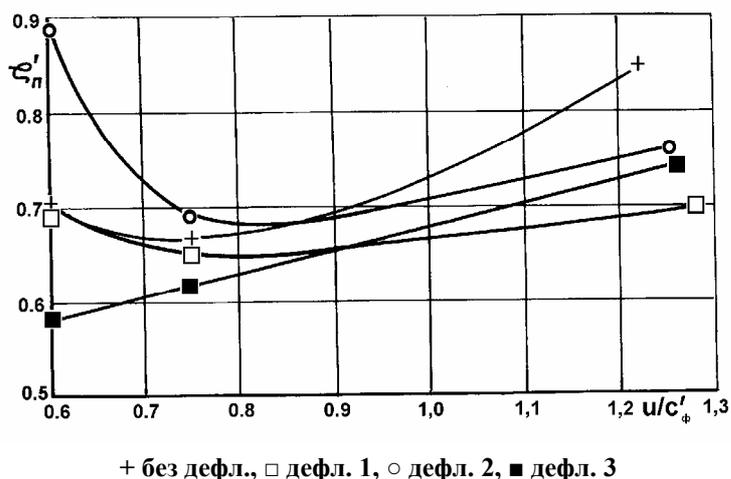


Рис. 3. Зависимость $\zeta'_n = f(u/c'_\phi)$

Дефлектор 3 криволинейной формы позволил снизить коэффициент ζ'_n на 0,12. В этом случае обеспечивается практически безударное натекание на дефлектор (распределение давления над ним близко к аналогичному распределению в свободном диффузоре, см. рис. 2), а в зоне под дефлектором имеет место существенное разрежение, являющееся следствием хорошего диффузорного эффекта.

Зависимости $\zeta'_n = f(u/c'_\phi)$ существенно отличаются для диффузоров с исследованными дефлекторами 1, 2, 3 (рис. 3).

Если у диффузора с криволинейным дефлектором 3 потери монотонно увеличиваются по мере роста u/c'_ϕ , то для диффузоров с дефлекторами 1 и 2 характерен оптимум в районе $u/c'_\phi = 0,75 \div 0,85$.

Особенно резко потери снижаются у варианта диффузора с цилиндрическим дефлектором 2 в диапазоне $u/c'_\phi = 0,6 \div 0,8$. На режимах $u/c'_\phi > 0,92$ минимальные потери получены для

диффузора с коническим дефлектором. На этих режимах увеличивается не только закрутка за последней ступенью, но и подъем линий тока особенно в корневой зоне

ступени, что оказывает значительное влияние на взаимодействие потока с дефлекторами. На рис. 4 об этом свидетельствует увеличение градиентов давлений под дефлекторами 2 и 3, по отношению к варианту 1, отражающие большее искривление линий тока в меридиональной плоскости при той же закрутке потока.

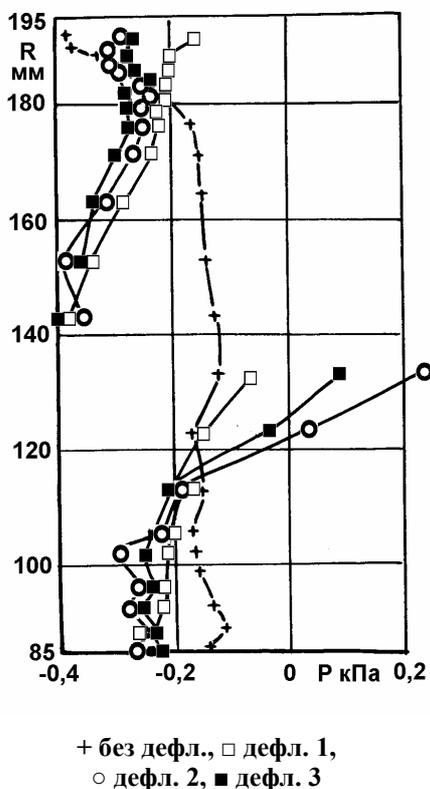


Рис. 4. Распределение давления в сеч. 1 при $u/c'_ф = 1,25 \div 1,28$

Взаимодействие потока с дефлектором определяет не только потери в диффузоре, но и аэродинамические силы, действующие на дефлектор, для определения которых нужно знать распределение давления по всему его обводу. Траверсирование, выполненное по радиусу в сечении 1, позволило сделать сравнительный анализ действующих сил по знаку и качественно по величине только на входном участке дефлекторов. Возникающая разность давлений над и под дефлектором (см. рис. 2 и 4), соответственно, и силы, действующие на него, зависят от формы дефлектора, углов натекания потока на него и диффузорности канала, образованного дефлектором и внутренним обводом.

В таблице представлены относительные величины $Eu_d = \Delta P_d / \rho c^2_1$ – отношение разности давлений над дефлектором и под ним к удвоенному динамическому напору на среднем радиусе в сечении 1. Минус означает, что на дефлектор действуют растягивающие силы, направленные в сторону наружного обвода.

Таблица. Величины Eu_d и $\zeta'_п$ для трех форм дефлекторов

№ дефл	1		2		3	
	Eu_d	$\zeta'_п$	Eu_d	$\zeta'_п$	Eu_d	$\zeta'_п$
0,6	0,36	0,70	-0,60	0,9	0,32	0,58
1,25 ÷ 1,28	-0,16	0,70	-0,30	0,77	-0,26	0,75

Как видно из таблицы увеличение отношения $u/c'_ф$ приводит к изменению знака Eu_d , т.е. изменению направления сил, действующих на дефлекторы 1 и 3, что необходимо учитывать при расчетах на прочность дефлектора и элементов его крепления. На режиме $u/c'_ф = 1,28$ дефлектор 1

(конической формы) оказался наиболее удачным не только по минимуму потерь, но и по минимуму растягивающих сил, действующих на него на этом режиме. Действительно, соответствие аэродинамических сил, представленных в виде чисел Eu_d , и коэффициентов полных потерь $\zeta'_п$, имеет место и для других режимов и дефлекторов.

Так, например, на режимах $u/c'_{\phi} = 1,25 \div 1,28$ для дефлекторов 2 и 3, имеющих близкие значения Eu_d , близки и коэффициенты ζ'_n (см. таблицу и рис. 3). Причем, если для дефлектора 2 характерно несколько большее значение коэффициента ζ'_n , то ему соответствует и большее число Eu_d , (по модулю). На режиме $u/c'_{\phi} = 0,6$ эти тенденции сохраняются.

Минимум потерь и аэродинамических сил характерен для криволинейного дефлектора 3, близкого к линиям тока в диффузоре на режиме $u/c'_{\phi} = 0,6$. Следовательно, варьируя формой дефлектора желательнее уменьшить величину Eu_d , до нуля на режимах близких к номинальному, но если ставить задачу эффективной работы диффузора в широком диапазоне режимов, то, возможно, есть целесообразное значение Eu_d , которое будет отлично от нуля для данного режима.

Таким образом, установлено, что:

— изменение формы неподвижного широкорежимного дефлектора и режима работы отсека "последняя ступень + диффузор" приводит к изменению величины и направления аэродинамических сил, действующих на дефлектор;

— силовое взаимодействие потока с дефлектором влияет на потери в диффузоре и отражается на характере зависимости коэффициента потерь $\zeta'_n = f(u/c'_{\phi})$;

— для каждого режима есть целесообразная форма неподвижного широкорежимного дефлектора, обеспечивающая минимальный коэффициент ζ'_n и число Eu_d , на входном участке дефлектора. На режимах $u/c'_{\phi} = 0,6 \div 0,9$ целесообразна криволинейная форма, спрофилированная с учетом линий тока на этих режимах, а на режимах $u/c'_{\phi} > 0,9$ наиболее удачной является коническая форма.

Литература

1. Лагун В. П. Эрозия выходных кромок рабочих лопаток последних ступеней паровых турбин / В. П. Лагун, Л. Л. Симою, Ю. В. Нахман и др. // Энергомашиностроение. – 1977. – № 10. – с. 12–16.

2. Гаркуша А. В. Аэродинамика проточной части паровых турбин. – М.: Машиностроение. – 1983. – 184 с.

3. Гаркуша А. В., Юдин Ю. А. Работа последней ступени и выхлопного патрубка ЦНД различных конструкций // Энергетическое машиностроение. – 1995. – № 10. – с. 203–208.

4. Юдин Ю. А., Лапузин А. В. Повышение эффективности выхлопных патрубков ЦНД паровых турбин с помощью широкорежимного дефлектора // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005. – № 6. – с. 60–64.

© Юдин Ю.А., Лапузин А.В., 2007