

ОТЗЫВ

официального оппонента Зарянкина Аркадия Ефимовича по диссертационной работе Ямалтдинова Артема Альбертовича «Разработка и исследование путей повышения эффективности выхлопных патрубков цилиндров низкого давления теплофикационных турбин», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки

Представленная к защите диссертация Артема Альбертовича Ямалтдинова на соискание ученой степени кандидата технических наук посвящена аэродинамическому совершенствованию выхлопных патрубков теплофикационных турбин УТЗ на основе математического моделирования достаточно сложного характера течения пара в проточных частях этих устройств.

Актуальность темы диссертационной работы достаточно очевидна, так как выхлопные патрубки, работающие с конденсационным сбросом пара, являются в паровых турбинах тем элементом, где до настоящего времени сохраняются самыми большими резервы повышения внутреннего относительного КПД турбин.

Представленные в диссертации результаты расчетных исследований выхлопных патрубков достоверны в той же степени, в которой достоверны известные коммерческие программы расчетного моделирования течений, получивших мировое распространение, и во многих случаях полностью заменившие экспериментальные исследования модельных образцов рассматриваемых объектов.

Несомненным достоинством диссертационной работы является ее практическая направленность на совершенствование выхлопных патрубков конкретных серий теплофикационных турбин типа Т-100-12.8 и Т-250-240 «УТЗ», что привело, в конечном счете, к реализации расчетно-обоснованных конструктивных изменений в системе отвода пара от последних ступеней указанных турбин к конденсаторам.

Содержательная часть диссертации изложена в пяти главах и свидетельствует о высоких профессиональных знаниях ее автора.

Первая глава рассматриваемой работы традиционно посвящена обзору предшествующих работ по совершенствованию выхлопных патрубков паровых турбин. Следует отметить, что в указанном направлении велись систематические исследования на протяжении многих десятилетий, как в СССР и России, так и в ряде зарубежных научных центрах, где были разработаны самые разнообразные способы снижения сопротивления в системах отвода пара к конденсаторам при их подвальном расположении. Из представленного обзора литературных данных следует, что автор рассматриваемой работы хорошо знаком с большинством из предлагаемых решений.

На основании критического анализа этих материалов им были вполне обоснованно сформулированы основные цели работы применительно к конкретным паровым турбинам «УТЗ».

Соответственно вся вторая часть посвящена расчетному исследованию течения пара в выхлопных патрубках серийных турбин «УТЗ» Т-100 и Т-250 и оценке их экономических показателей.

Последующий этап работы состоял во внесении ряда конструктивных изменений в базовые выхлопные патрубки с последующим их расчетным исследованием. Эти исследования показали существенное снижение коэффициентов полных потерь в модернизированных патрубках относительно их базовых исполнений.

Особенно заметным оказалось снижение коэффициентов полных потерь в выхлопном патрубке турбины Т-250, где, согласно данным, приведенным на рис 2.12, указанный коэффициент снизился при $M=0.73$ с $Z_n=1.5$ до $Z_n=1.06$ и давление за последней ступенью приблизилось к давлению в конденсаторе.

В патрубке турбины Т-100 абсолютное значение коэффициента Z_n снизилось в результате проведенной модернизации меньше, поскольку базовая конструкция патрубка в аэродинамическом плане обладала заметными лучшими качествами.

Логически представляется вполне обоснованным посвящение третьей главы диссертации прочностным расчетам, рассмотренных во второй главе патрубков.

Нужно отметить, что в работах, посвященных совершенствованию выхлопных патрубков, прочностные расчеты включены, видимо, впервые, что, безусловно, оправдано с точки зрения использования предлагаемых модернизированных патрубков на серийных турбинах.

Проведенные прочностные расчеты показали заметное увеличение напряжений в опасных, с точки зрения прочности, местах патрубка, но полученные максимальные напряжения по-прежнему обеспечивают многократный запас прочности модернизированных патрубков.

В четвертой главе диссертации приведены результаты расчетного исследования нового выхлопного патрубка для турбины Т-125/150-12.8, где были реализованы некоторые решения, рассмотренные в предшествующих работах, и реберная силовая система заменена силовыми стержнями.

Расчетное исследование показало высокую эффективность проведенных принципиально новых изменений, позволивших в реальной заводской конструкции патрубка реализовать диффузионный эффект и снизить давление за последней ступенью ниже давления в конденсаторе. Для этого патрубка расчетное значение коэффициента полных потерь энергии составило $\zeta_n=0.77$.

Пятая глава рассматриваемой работы посвящена технико-экономическому обоснованию необходимости повышения эффективности теплофикационных турбин, поскольку до настоящего времени этой проблеме не уделялось должного внимания, так как турбины указанного типа до 6-7 месяцев в году работают в режиме полных и очень больших теплофикационных отборов пара, когда ЦНД не вырабатывает, а потребляет часть мощности турбины.

Проведенный автором анализ графиков работ турбин Т-100 и Т-250 показал, что даже при 50% времени работы указанных турбин в конденсационном режиме достигнутое снижение потерь в системе отвода

пара в конденсатор обеспечивает заметную экономию топлива. Экономический эффект от установки модернизированного выхлопного патрубка на турбину Т-125/150-12.8 составил свыше 5 млн. рублей в год.

По представленным в диссертации материалам можно сделать следующие замечания:

1. Потери энергии в выхлопных патрубках паровых турбин зависят как от типа патрубков (бездиффузорный или диффузорный), так и от потерь энергии собственно в корпусе.

В работе рассматриваются, по сути, два диффузорных патрубка: патрубок турбины Т-100-130 с хорошо развитым осерадиальным диффузором и патрубок турбины Т-250-240 с небольшим осекольцевым диффузором. Однако, геометрические характеристики этих диффузоров и хотя бы их расчетные аэродинамические характеристики отсутствуют, что затрудняет анализ результатов расчета указанных патрубков.

2. В обзоре предшествующих работ по совершенствованию выхлопных патрубков паровых турбин перечислены практически все известные способы снижения потерь энергии в системах отвода пара из турбины к конденсатору. Однако в очень малой степени представлены достигнутые при этом конкретные результаты как расчетных, так и экспериментальных исследований на моделях и натурных турбинах.

3. Наиболее практически важным результатом проведенного расчетного исследования патрубков является новый диффузорный патрубок для турбины Т-125/150-12,8 «УТЗ», для которого заявленный коэффициент полных потерь $Z_n=0.7$, при скорости $M=0.77$ (глава 5 диссертации).

Однако меридиональное сечение этого патрубка мало отличается от аналогичного сечения патрубка турбины Т-250-240-23,8 «УТЗ» предшествующего поколения, где коэффициент полных потерь Z_n равен приблизительно 1.5. В этой связи необходимо было бы представить детальный анализ всех мер, позволивших получить такой результат без существенного изменения габаритных размеров патрубка. Получить такой

результат только за счет перехода к стержневой конструкции вряд ли возможно.

4. На стр. 62 указывается, что учет сжимаемости при низкоскоростных течениях проводился по методике, изложенной в [138]. Однако в практике газодинамических расчетов низкоскоростными потоками считаются течения с безразмерными скоростями $M < 0.3-0.4$, где сжимаемость среды почти не влияет на конечный результат расчета.

5. В таблицах №2.7 и №2.8 (стр.67) указано, что давление во входном сечении исследуемых патрубков при полной нагрузке составляло порядка 1.5 кПа. При таком давлении удельный объем насыщенного пара равен $V=88 \text{ м}^3/\text{кг}$ и патрубок может пропустить в конденсатор всего 22 кг/с при $G_v=1740 \text{ м}^3/\text{с}$.

6. Расчетные зависимости коэффициентов полных потерь в исследованных патрубках в зависимости от безразмерных скоростей M , оказались близки к линейным даже при $M_1 > 0.55$. По опытным данным в зависимости от типа патрубков при $M_1 > 0.55$ происходит кризисный рост указанных коэффициентов. На этот важный с практической точки зрения вопрос следовало обратить особое внимание.

Подводя итоги рассмотренной диссертации следует отметить, что к защите представлена законченная научно-исследовательская работа, результаты которой представляют не только теоретический интерес, но и в полном объеме реализованы в новых теплофикационных турбинах «УТЗ».

Содержание диссертации, ее научная и практическая значимость соответствуют всем требованиям ВАК. Содержание автореферата в полной степени отражает все вопросы, рассматриваемые в диссертации.

Научное направление всех основных разработок и исследований соответствует технической отрасли науки, паспорту научной специальности 05.04.12 - Турбомашины и комбинированные турбоустановки. Диссертационная работа Ямалтдинова Артема Альбертовича является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №

842, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

В соответствии со сказанным считаю, что автор диссертации «Разработка и исследование путей повышения эффективности выхлопных патрубков цилиндров низкого давления теплофикационных турбин», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук, Артем Альбертович Ямалтдинов заслуживает искомой степени по специальности 05.04.12 - Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»,
профессор кафедры паровых и газовых турбин
им. А. В. Щегляева;

✓ 08.11.2016
Зарянкин
Аркадий Ефимович

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Национальный
исследовательский университет «МЭИ»"
(111250, Россия, г. Москва,
ул. Красноказарменная, 14), телефон –
89175631521, эл. почта: zariankinAY@mpei.ru


Подпись Зарянкина А.Е.
удостоверяю
начальник управления по
работе с персоналом
Н.Г. Савин