

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор ОАО «НПО ЦКТИ»
д.т.н. Михайлов В.Е.

«03» июня 2017



Отзыв

ведущей организации

ОАО «Научно-производственного объединения по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова»
(ОАО «НПО ЦКТИ»)

на диссертацию Тищенко Виктора Александровича

«Разработка и реализация методики определения параметров жидкой фазы влажно парового потока в элементах проточных частей турбомашин», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 - Турбомашин и комбинированные турбоустановки

Актуальность темы диссертации определяется значительными возможностями повышения экономичности и надёжности работающих в области влажно-го пара цилиндров низкого давления паровых турбин за счёт уменьшения потерь от влажности и снижения эрозионного износа элементов последних ступеней. Несмотря на большое количество отечественных и зарубежных работ, характер течения двухфазной среды изучен недостаточно подробно, что определяется большой сложностью процессов термодинамического и механического межфазового взаимодействия. Это относится в первую очередь к образованию и траекториям движения крупных эрозионно-опасных капель в межвенцовом зазоре ступени и в каналах рабочих лопаток.

Развитие в последние годы экспериментальных методов, в особенности оптических, исследования влажнопарового потока и совершенствование численных методов решения сложных задач газодинамики создают хорошие возможности для более детального изучения особенностей течения двухфазной конденсирующейся среды.

Основные научные результаты, полученные автором:

Разработан метод применения системы лазерной диагностики для исследования характеристик жидкой фазы при течении влажнопарового потока в проточных частях турбин.

Разработана бесконтактная расчетно-экспериментальная методика определения средних размеров капель

Впервые экспериментально определены характерные траектории крупных капель и изменение параметров капель за сопловой решеткой.

Проведена модификация расчетных моделей CFD кода Ansys Fluent для математического описания влажного пара.

Значимость для науки и практики:

Получены обобщающие характеристики эрозионно-опасных капель за сопловой решеткой, которые подробно описывают особенность их движения в этой области.

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы при верификации математических моделей движения влажно паровых потоков.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Разработанная методика может быть использована при изучении движения двухфазной среды в проточных частях паровых турбин.

Данные о характеристиках крупнодисперсной влаги могут быть использованы при проектировании ступеней турбин

Апробация результатов работы и их публикация соответствуют требованиям ВАК. Результаты диссертации изложены в 4 печатных работах и доложены на 7 отечественных и международных конференциях.

Содержание автореферата соответствует содержанию и выводам диссертации и дает достаточно полное представление о работе в целом.

Замечания по диссертации.

1. Рабочая среда в экспериментальной установке образована смесью из слабо перегретого пара и крупнодисперсной влаги с каплями диаметром 10 - 80 мкм (средний размер капель ~50 мкм). В этом случае процесс расширения смеси может происходить достаточно неравновесно. Следовало бы оценить погрешность в определении параметров потока при использовании показателя изоэнтропы для равновесного расширения влажного пара $k=1,13$ (см. стр.89).

2. По условиям эксперимента для исследования плоского пакета сопловых лопаток была выбрана решетка профилей, имеющая отношение высоты к хорде лопатки $l/b=0,68$. При таких коротких лопатках образующиеся вторичные вихри в пограничных слоях у ограничивающих поверхностей канала будут смыкаться на средней линии канала, что приводит к «взбуханию» в этом месте пограничного слоя и к местному увеличению угла выхода потока пара за счет компенсационного течения поперек канала. В этом случае создаются условия для отрыва крупных капель от поверхности спинки и движения их вместе с компенсационным потоком пара (см. стр. 157 - 160). Подобное движение влаги носит частный характер для коротких лопаток.

3. Для отражения тонких особенностей картины течения в среднем сечении решетки профилей коротких лопаток следовало бы использовать не двух-, а трехмерную расчетную схему течения (см.стр.96, 99).

4. Автор дал мало комментариев по рис. 3.14 - 3.16. Почему отношение ε в горле настолько отличается от критического (здесь при $L_{rel}=0$ $\varepsilon=0,46$ во влажном паре, а в перегретом $\varepsilon=0,39$)? Может быть, критика садится при $L_{rel}=-0,1$ из-за большой кривизны линий тока в районе горла или несимметричного сопла? Режимы с $\varepsilon=0,66$, $\varepsilon=0,63$, $\varepsilon=0,51$ получены с дозвуковым потоком за со-

плом, так как в расчете и на фото виден прямой скачок уплотнения в расширяющейся части сопла, а собственно сверхзвуковой режим с $\varepsilon=0,38$ на рис. 3.15 и 3.16 не показан.

Высказанные замечания касаются частных вопросов работы. В целом диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для технической науки и производства - энергетики и энергетического машиностроения. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Работа отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Тищенко Виктор Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата наук по специальности 05.04.12 - Турбомашинны и комбинированные турбоустановки.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждён на заседании секции паротурбинных, газотурбинных, парогазовых и гидротурбинных установок НТС ОАО "НПО ЦКТИ" 3 июня 2014 г., протокол №2.

Зав.лаборатории аэродинамики турбин



Симдянов Е.В.

Вед. научный сотрудник

лаборатории аэродинамики турбин, к.т.н



Сандовский В.Б.