

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию И.Б.Мурманского «Совершенствование многоступенчатых пароструйных эжекторов конденсационных установок паровых турбин», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки

На рассмотрение представлена диссертационная работа, состоящая из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 141 наименований и приложения. Общий объем – 176 страниц текста, 50 рисунков, 12 таблиц.

Во введении представлено обоснование актуальности темы исследования, сформулированы цели и задачи исследования, отражена научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе представлен подробный обзор известных работ по теме диссертации. Рассмотрены типовые конструкции и характеристики серийных эжекторов различных турбинных заводов. Проанализированы современные направления совершенствования конструкций струйных аппаратов, в том числе методики расчета их проточных частей и охладителей. Рассмотрены вопросы влияния условий эксплуатации на эффективность функционирования эжекторов конденсационных установок ПТУ.

На основе выполненного анализа сформулированы задачи исследования. Представлена блок-схема, позволяющая наглядно оценить объем и перечень основных этапов выполненного исследования.

Во второй главе представлены результаты исследований и разработки уточненной методики расчета многоступенчатых пароструйных эжекторов. Выполнен анализ и обобщение результатов

экспериментальных исследований 34 серийных эжекторов. Выявлены характерные дефекты эжекторов. Показано несоответствие для большинства эжекторов паспортных и рабочих характеристик. Обобщены геометрические параметры серийных эжекторов различных заводоизготовителей. Выявлены взаимные связи геометрических характеристик между собой, а также особенности этих характеристик применительно к конденсационным и теплофикационным турбинам. Представлены результаты численного моделирования газодинамики в струйном аппарате эжектора. Показано возникновение двух групп характерных скачков уплотнений в приемной камере, сразу за соплом. Принята рекомендация расчета предельных режимов эжектора по зависимостям для второго предельного режима.

На основе ранее известной методики МЭИ разработана методика расчёта многоступенчатых пароструйных эжекторов, уточнённая по результатам обобщения испытаний серийных эжекторов, анализа геометрических характеристик и численных расчётов газодинамики струйных аппаратов. Уточненная автором методика позволяет определять характеристику 1-й ступени эжектора, а также последующих ступеней при известной доле конденсирующегося в промежуточных охладителях пара. На разработанный программный комплекс получено свидетельство о регистрации.

В третьей главе представлены результаты разработки, экспериментальных исследований и промышленной апробации нового высокоэффективного эжектора для конденсационных установок ПТУ.

Расчет эжектора выполнен по уточненной автором методике. Предложен и реализован в конструкции эжектора ряд новых технических решений.

Для проведения экспериментальных исследований нового эжектора разработана и реализована очень детальная (расширенная) схема измерений.

Представлены результаты экспериментальных исследований эжектора в широком диапазоне изменения параметров его работы с настройкой осевого положения сопел струйных аппаратов эжектора.

Показано, что новый эжектор имеет производительность в 2 раза больше ранее установленного серийного при значительно меньшем давлении всасывания.

В четвертой главе представлены результаты исследования, зафиксированного при испытаниях эжектора, газодинамического эффекта значительного изменения давления паровоздушной смеси (ПВС) в промежуточных охладителях эжектора.

Существенные различия в перепаде давлений ПВС в промежуточных охладителях определяются по мнению автора взаимодействием предвключенных и подключенных (последующих) пароструйных ступеней, а также различием газодинамических и теплообменных процессов при низкой и высокой температурах охлаждающей воды на входе в охладитель. Для объяснения зафиксированного эффекта автор рассматривая три различных (возможных) гипотезы, использует модель скачка давления во влажном паре. Формулировка физико-математической модели выполнена на основе модели течения влажного пара в последних ступенях турбины.

Полученные результаты обосновывают необходимость дальнейшего уточнения методики расчета многоступенчатых пароструйных эжекторов в части влияния газодинамических процессов в промежуточных охладителях на давление в последующей за ним ступени.

В пятой главе представлена оценка технико-экономической эффективности применения нового эжектора для конденсационных и теплофикационных турбин на примере турбин К-200-130 и Т-250/300-240.

Актуальность диссертационной работы в целом определяется поиском путей повышения эффективности и надежности ПТУ, в частности – за счет совершенствования низкопотенциальной части ПТУ при больших присосах воздуха.

Совершенствование многоступенчатых пароструйных эжекторов в диссертации рассматривается с позиции разработки более надежной конструкции, обобщения опыта эксплуатации, уточнения методики расчета, учета особенностей взаимного влияния струйных аппаратов и промежуточных охладителей.

В работе получен ряд новых научных результатов, наиболее значимыми из которых являются:

- обобщенные данные геометрических характеристик эжекторов в части определения положения «эффективного сечения», соотношения критических диаметров сопел и степеней сжатия по ступеням эжектора, основного геометрического параметра эжектора применительно к конденсационным и теплофикационным турбинам;

- уточненная методика конструкторского и поверочного расчетов многоступенчатых пароструйных эжекторов;

- газодинамический эффект изменения давления паровоздушной смеси в промежуточных охладителях эжектора и физико-математическая модель, описывающая эффект повышения давления, как скачок давления в двухфазной двухкомпонентной среде.

Практическая значимость определяется тем, что полученные результаты, в частности, уточненная методика расчетов уже используются

для разработки высокоэффективных эжекторов конденсационных установок ПТУ. Отдельные результаты работы реализованы при модернизации более 50 эжекторов на турбинах мощностью от 50 до 500 МВт на различных ТЭС.

Достоверность и обоснованность результатов работы обеспечена: использованием апробированных методик измерений и метрологически поверенных приборов; хорошим согласованием результатов испытаний эжекторов с данными других авторов, а также с результатами расчетов по уточненной автором методике; опытом функционирования эжекторов, модернизированных по разработкам автора, в различных условиях эксплуатации.

Замечания по работе.

1. Автор применяет термины «инжектируемая струя», «коэффициент инжекции». Так как диссертационная работа посвящена совершенствованиям многоступенчатых пароструйных эжекторов конденсационных установок ПТУ, т.е. аппаратов, которые отсасывают паровоздушную смесь из конденсаторов, то здесь более уместен термин «эжектируемая струя», «коэффициент эжекции». Эта терминология используется одним из основоположников газовой динамики эжекторов Г.Н. Абрамовичем.

2. При определении коэффициента μ для эжекторов УТЗ со схожими геометрическими параметрами значения коэффициента имеют разброс; это требует пояснений.

3. Требуется объяснения, почему при проведении испытаний нового эжектора потребовалась настройка осевого положения сопла, а расчетное положение оказалось менее эффективным, чем настроенное.

4. Почему в результате поверочного расчета определена характеристика эжектора ЭПО-3-80 для отсасывания воздуха, а не паровоздушной смеси?

5. Необходимо сформулировать какие преимущества имеет новый эжектор ЭПО-3-80 в сравнении с существующими серийными конструкциями.

6. При реализации нового эжектора отклонение фактического вакуума в конденсаторе от нормативного уменьшилось, но не исчезло полностью, несмотря на то, что производительность эжектора выше существующих присосов.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости работы в целом.

Рассматриваемая работа выполнена на современном научном уровне. Все основные результаты работы соответствуют современным физическим и техническим представлениям и их следует признать правильными.

Все основные результаты опубликованы в центральной печати и неоднократно обсуждались на различных авторитетных конференциях и совещаниях.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Выводы.

1. Диссертационная работа И.Б.Мурманского «Совершенствование многоступенчатых пароструйных эжекторов конденсационных установок паровых турбин» полностью соответствует требованиям п.9. Положения ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям.

2. В диссертационной работе И.Б.Мурманского разработаны и изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых обеспечит значительный вклад в развитие

энергетического комплекса страны за счет повышения эффективности и надежности работы конденсационных установок ПТУ.

3. И.Б.Мурманский заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12-Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Официальный оппонент,
зав. аналитическим отделом НПО «ЦКТИ»,
дважды Лауреат премии Правительства РФ
в области науки и техники,
доктор техн.наук, профессор

Хоменок
Леонид Арсентьевич

22.07.11

ОАО «НПО ЦКТИ имени И.И.Ползунова»,
Россия, Санкт-Петербург,
Атаманская улица, № 3/6.
Тел. (8-812)717-26-28
Тел.моб. 8-9

Подпись Л.А. Хоменка заверяю:

Ученый секретарь, к.т.н.
Ляпунов В.М.

