



«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН)

ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198
ОГРН 1027739189323; ОКПО 02066463; ИНН 7728073720

Телефон: +7495 434 53 00,
www.rudn.ru; rudn@rudn.ru

12 05 20 252
№ 0001-Исх/2314

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. первого проректора - проректора
по научной работе РУДН
Борисова А.С.
«12» 05 2025 г.

Отзыв

ведущей организации – Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования "Российский
университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы" на диссертацию
Месбаха Мохсена «Разработка и численное исследование методов снижения
концевых потерь энергии в сопловой решетке осевой турбины»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели

Актуальность темы исследования

Оптимизация технико-экономических показателей энергетических
установок, включая уменьшение удельного расхода топлива, во многом
определяется совершенствованием аэродинамических свойств проточных
частей паровых и газовых турбин. Повышение эффективности этих

компонентов является крайне сложной задачей, так как доступные резервы для снижения аэродинамических потерь в лопаточном аппарате существенно ограничены. Тем не менее, потенциал для улучшения характеристик решеток осевых турбомашин сохраняется. Ключевым направлением в этом случае выступает борьба с концевыми потерями энергии, которые продолжают оставаться значимым фактором влияния на общий уровень эффективности проточной части.

Концевые потери в сопловых и рабочих решетках турбин занимают существенную долю — от 30 до 50% — в общем балансе потерь, причем их величина напрямую связана с высотой лопаток. В связи с этим проведение исследований, ориентированных на разработку мер по снижению этих потерь, а также создание практических решений для их внедрения в проектирование проточных частей турбомашин, представляет собой перспективное и актуальное направление в области энергетического машиностроения.

Анализ содержания диссертации

По содержанию диссертационная работа включает введение, четыре главы, заключение и список цитируемой литературы. Общий объем составляет 152 страницы, включая 86 рисунков, 8 таблиц и список литературы из 134 наименований.

Во введении обоснована актуальность исследуемой темы, определены цели и задачи работы, а также выделена научная новизна и практическая ценность полученных результатов. Также изложены ключевые положения, которые будут представлены на защите.

Первая глава содержит обзор литературных источников, в рамках которого детально рассмотрен механизм образования вторичных течений и проанализированы методы снижения их интенсивности в турбинных решетках. Также изучаются современные подходы к моделированию турбулентных течений в проточных частях турбомашин. На основе

проведенного анализа сформулированы научные задачи, являющиеся предметом исследования в данной работе.

Во второй главе представлена используемая методика численного моделирования течения в межлопаточном канале сопловой решетки. При моделировании использовался программный комплекс ANSYS Fluent. При проведении расчетов рассмотрен широкий диапазон моделей турбулентности. Была выполнена проверка сеточной сходимости путем проведения вариантных расчетов с сетками различной густоты. Для анализа моделей турбулентности проведено сравнение результатов 2D расчета с экспериментальными данными. На основании результатов 2D расчета для дальнейших исследований была выбрана модель турбулентности Transition SST, поскольку она показала наибольшую точность в расчете потерь энергии в сопловой решетке. Так же проведено сравнение результатов CFD моделирования течения в сопловой решетке в 3D постановке с использованием модели турбулентности Transition SST с экспериментальными данными. Проведено численное исследование влияния широкого диапазона геометрических и режимных параметров на структуру потока в решетке и потери кинетической энергии.

В третьей главе рассмотрено влияние установки криволинейных ребер на торцевых поверхностях турбинных решеток на интенсивность вторичных течений. Изучено влияние геометрии ребер на структуру потока в решетке и потери энергии. Дана оценка совпадения полученных результатов с результатами опубликованных ранее исследований. Подробно рассмотрена физика протекающих в торцевых областях процессов. Выбран оптимальный вариант исполнения ребер, обеспечивающий наибольшее снижение потерь энергии.

Четвёртая глава посвящена применению вихрегенераторов, устанавливаемых на торцевых поверхностях межлопаточного канала, для снижения концевых потерь энергии в сопловой решетке осевой турбины. Рассмотрено влияние широкого диапазона геометрических параметров

вихрегенераторов на структуру вторичных течений и концевые потери. Подробно изучен механизм взаимодействия генерируемых вихревых структур со вторичными течениями. Проведен выбор оптимальной конфигурации вихрегенераторов, обеспечивающей наибольшее снижение потерь энергии в сопловой турбинной решетке.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Научная новизна полученных автором результатов заключается в следующем:

В рамках диссертационного исследования была разработана методика расчета турбулентного течения вязкой среды в сопловой решетке, которая позволяет моделировать влияние вторичных течений на структуру и характеристики потока.

Проведено численное моделирование течения в сопловой решетке осевой турбины с применением различных моделей турбулентности, включая Spalart-Allmaras, Realizable $k-\epsilon$, $k-\omega$ SST и Transition SST. По результатам анализа выбрана модель, демонстрирующая наибольшую точность при сравнении расчетных данных с экспериментальными.

Разработаны предложения по изменению профиля поверхностей меридиональных обводов сопловой решетки с целью снижения концевых потерь энергии.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Разработана методика расчета и предложены рекомендации по выбору оптимальной модели турбулентности, что позволяет повысить точность определения аэродинамических потерь. Данная методика может быть использована на этапе проектирования сопловых решеток осевых турбомашин для оценки влияния режимных и геометрических параметров.

2. Разработаны рекомендации по изменению профилей торцевых обтекаемых поверхностей в сопловой решетке, основанные на добавлении продольных ребер и вихрегенераторов, что позволяет снизить интенсивность вторичных течений и уменьшить концевые потери энергии.

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием проверенных численных методов расчета и корректных не противоречащих основным законам термо и газо динамики допущений, что дополнительно подтверждается сравнением расчетных данных с экспериментальными результатами.

Апробация работы и публикации по диссертации

Основные результаты диссертационного исследования были приведены в четырёх публикациях, две из которых — в научно-технических журналах, входящих в Перечень ВАК РФ. Результаты работы докладывались на различных научно-технических конференциях.

Замечания по диссертационной работе:

1. В обзоре литературных данных основное внимание уделено зарубежным источникам, в то время как имеются значительные отечественные работы, посвященные теме диссертации.
2. В тексте диссертации нет единства использования символа в качестве десятичного разделителя (используется как «точка», так и «запятая»).
3. Из диссертационной работы не ясно как влияет степень реакции ступени на величину концевых потерь энергии.
4. Из текста автореферата неясно, как были получены экспериментальные данные, представленные в диссертации.

Отмеченные замечания носят частный характер и, в целом, не влияют на положительную оценку качества и значимости результатов диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе

Автореферат выполнен с соблюдением установленных требований, полно и точно отражает содержание диссертации.

Диссертация и автореферат соответствуют направлениям исследований пп. 1, 2 паспорта специальности 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели.

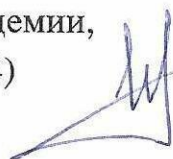
Диссертационная работа Месбаха Мохсена «Разработка и численное

исследование методов снижения концевых потерь энергии в сопловой решетке осевой турбины» является завершенной научно-квалификационной работой. Новые научные результаты, полученные соискателем, имеют существенное значение для науки и практики в области энергетического турбостроения. Работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. и требованиям Положения о присуждении ученых степеней в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», а ее автор, Месбах Мохсен заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели.

Диссертационная работа Месбаха Мохсена обсуждена и одобрена на заседании кафедры энергетического машиностроения инженерной академии Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Протокол № 2022-05-04/16 от 10.04.2025 г.).

Отзыв составили:

Заведующий кафедрой энергетического
машиностроения инженерной академии,
доктор технических наук (05.14.14)



Радин Юрий Анатольевич

доцент кафедры энергетического
машиностроения инженерной академии,
кандидат технических наук (05.04.02)



Фролов Михаил Юрьевич

Первый заместитель - заместитель
по научной работе Инженерной академии РУДН
доктор технических наук, доцент



Купреев Сергей Алексеевич

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы»

Адрес: Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6
Телефон: +7 (499) 936-87-87, +7 (495) 787 38 03, +7 (495) 952 08 29

Адрес электронной почты: rudn@rudn.ru

Сайт: www.rudn.ru