

КАВИТАЦИЯ В ГИДРОТУРБИНАХ

Зорин М. А. (студент, гр. ГА-31)

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,
Республика Беларусь*

Актуальность. Кавитация остается одной из основных проблем современной гидроэнергетики, которая влияет на экономические показатели и долговечность оборудования. Это явление вызывает эрозионное разрушение элементов проточной части, снижение КПД и мощности турбин, вибрации и шум, что приводит к частым и дорогостоящим ремонтам. В условиях роста требований к эффективности и ресурсу работы гидроэлектростанций борьба с кавитацией на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации является важной задачей для обеспечения надежной и рентабельной выработки энергии.

Цель работы. Изучить явление кавитации в гидротурбинах, проанализировать физические причины ее возникновения, идентифицировать типичные места локализации в зависимости от типа турбины и разработать комплекс мер по ее уменьшению и предотвращению для повышения надежности и долговечности гидроэнергетического оборудования.

Анализ полученных результатов. Кавитация представляет собой процесс образования и последующего схлопывания паровых пузырьков в потоке жидкости, который вызывает разрушение рабочих органов гидротурбин и снижение их КПД [1,2].

При эксплуатации гидротурбины часто необходимо регулировать мощность, расход и, следовательно, величины скоростей потока жидкости и давления в проточной части. Увеличение расхода приводит к падению потенциальной энергии при прохождении через рабочее колесо и является естественным процессом, причем падение давления тем больше, чем больше быстроходность гидротурбины и наибольшее уменьшение давления происходит на тыльной поверхности лопасти (рисунок 1, а).

Причины возникновения кавитации связаны с падением давления ниже давления насыщенных паров. Это происходит в областях с повышенной скоростью потока - на вогнутых поверхностях лопастей, кромках рабочего колеса и в зонах изменения направления движения жидкости [3].

В зависимости от условий наблюдаются различные виды кавитации: профильная (рисунок 1, б), связанная с формой лопасти; щелевая в радиальном зазоре на периферии рабочего колеса; полостная на выходе за рабочим колесом из-за возникновения вращающихся полостей, заполненных паром; кавитация, связанная с шероховатостью поверхности при недостаточной механической обработке.

Основные зоны возникновения кавитации включают выходные кромки лопастей турбин Фрэнсиса, тыльные поверхности лопаток, зазоры между

ступицей и рабочим колесом в турбинах Каплана, а также вихревые зоны в ковшах турбин Пелтона.

Интенсивность кавитации определяется кавитационными коэффициентами установки и турбины, а также высотой отсасывания - чем она выше, тем выше вероятность появления кавитации.

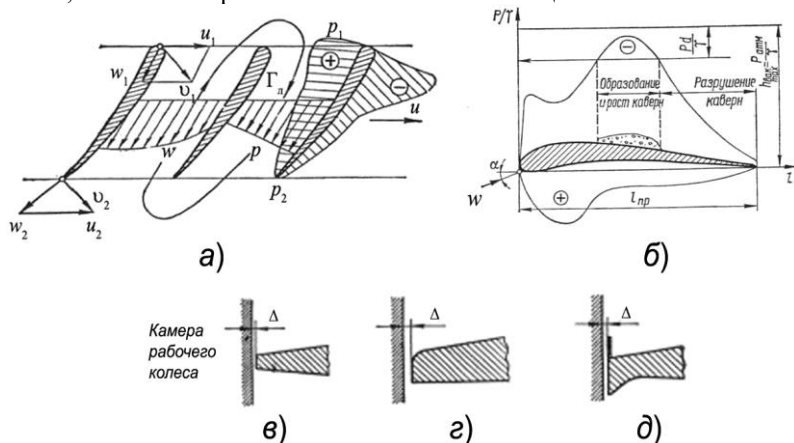


Рисунок 1. Кавитация в гидротурбинах: а) изменение давления в каналах рабочего колеса реактивной турбины; б) профильная кавитация; в) необработанная форма торца лопасти; г) закругленная; д) со специальным буртиком

Для уменьшения кавитации используются конструктивные методы: оптимизация профиля лопаток (рисунок 1, в-д); снижение скорости потока в критических зонах; уменьшение зазоров; повышение гладкости поверхности; применения кавитационно-стойких материалов (нержавеющая сталь, стеллитовые наплавки, полимерные покрытия).

Заключение. Таким образом, правильное проектирование, использование современных материалов и качественная эксплуатация позволяют существенно уменьшить кавитационные повреждения и повысить срок службы гидротурбин.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреевц Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы:

1. Иванов, В. П. Гидротурбины: конструкция и эксплуатация. – Новосибирск: НГТУ, 2018. – 301 с.
2. Овчиников В.Н. Гидродинамика турбомашин. – М.: МЭИ, 2014. – 288 с.
3. Хазеев, Е. В. Анализ имитационного моделирования гидравлических систем мобильных машин в различных программных комплексах / Е. В. Хазеев, Ю. А. Андреевц К. В. Пупенко // Машиностроение: инновационные

аспекты развития : материалы междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург / Науч.-исслед. центр «МашиноСтроение». – 2022. – № 5. – С. 18–22.

УДК 621.78

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Каготько А.Р. (студент гр. ЗТМ 51)

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого,
Республика Беларусь*

Актуальность. На сегодняшний день при создании ГТУ (газотурбинная установка) нового поколения определяющим фактором является обеспечение работоспособности деталей в условиях высоких температур (1200 °С и выше). Использование охлаждаемых лопаток с серийными покрытиями не может обеспечить их достаточного ресурса в таких условиях, а стандартные подходы к повышению жаропрочности таких изделий себя исчерпали. Таким образом, необходимо искать способы защиты основного металла лопатки от превышения их рабочих температур [1, 2]

Цель работы – проанализировать перспективность применения покрытий полученных газотермическим нанесением для повышению жаропрочности деталей газотурбинных установок.

Анализ полученных результатов говорит о применении керамических покрытий обеспечивающих более высокие рабочие температуры при ограничении теплового воздействия на конструктивные элементы, продлевая срок службы деталей за счёт снижения оксидации и термической усталости. В сочетании с активным воздушным охлаждением, детали ГТУ могут работать при более высоких температурах, чем без применения керамических покрытий.

Керамическое покрытие расплывается через плазматрон при температуре более 10 000 К. Применение теплозащитных многослойных покрытий позволяет решить проблему снижения температуры деталей ГТУ в условиях высоких температур. Это связано с очень низкой теплопроводностью керамики (например ZrO_2). Следовательно, это позволит либо увеличить время работы деталей ГТУ при данных температурах, либо поднять температуру газа перед турбиной, что повысит коэффициент её полезного действия. В связи со значительным различием между коэффициентами термического линейного расширения керамики и жаропрочного сплава, что может приводить к скалыванию верхнего слоя, решение данной задачи является, весьма актуальным. Принято считать, что в качестве верхнего слоя ТЗП целесообразно применять керамику на основе циркония,