

УДК 622

ЯВЛЕНИЕ КАВИТАЦИИ НА ЛОПАСТЯХ МАЛЫХ ГИДРОТУРБИН И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

А.Д. Евтушенко, студент гр. ЭЭб-143, II курс

С.В. Санаров, студент гр. ЭЭб-143, II курс

Ю.С. Тенькова, студент гр. ЭПмоз-151, I курс

Научный руководитель: И.Н. Паскарь, ст. преподаватель

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачёва, г. Кемерово

В Кемеровской области имеются населённые пункты, которые удалены от крупных городов и (или) не имеют связи с централизованным электроснабжением, в которых перспективно использовать малые гидроэлектростанции для получения электроэнергии. Но в силу удалённости и труднодоступности этих населённых пунктов необходимо наличие таких ГЭС, которые имели бы высокий показатель надёжности и долговечности^[1].

Наиболее уязвимой частью гидроагрегата являются лопасти. На них оказывается самая высокая нагрузка при эксплуатации, а так же они больше всего подвержены всяким рода механическим повреждениям. Одним из факторов, неблагоприятно влияющим на целостность лопастей, является кавитация. Кавитация – это процесс парообразования и последующей конденсации пузырьков пара в потоке жидкости (холодное кипение), сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков или каверн), заполненных паром самой жидкости, в которой возникает. Она возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разряжения (акустическая кавитация). Перемещаясь с потоком жидкости в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырёк схлопывается, излучая при этом ударную волну, которая оказывает давление на лопасти. А так как схлопывания происходят быстро и в большом количестве (несколько тысяч раз в секунду), то следует выкрашивание поверхности лопастей (эрозия), а при длительном воздействии кавитации происходит сильное разрушение лопастей и следовательно уменьшение КПД гидроагрегата либо авария. А это может привести к долговременному пребыванию без электроэнергии людей, в силу удалённости таких населённых пунктов и отсутствия оборудования, и навыков для ремонта кавитационных повреждений.



Рис. 1. Явление кавитации на лопастях



Рис. 2. Последствие кавитации на лопасти судового гребного винта^[2]

Кавитация приводит к трём основным причинам^[3,4]:

1. К срыву подачи напора, мощности и КПД;
2. К эрозийному износу гидроагрегата: рабочего колеса, вала и т.д.;
3. К звуковым явлениям: шуму, вибрации установки, а также к низкочастотным автоколебаниям давления в трубопроводах.

Существуют меры защиты лопастей от кавитации, позволяющие увеличить их долговечность:

1. Деаэрация(эффективно, глубина). Перед поступлением жидкости в гидроагрегат, по возможности, необходимо провести процесс деаэрации жидкости, то есть удаление воздуха из неё. Это приведёт к уменьшению быстроты возникновения кавитации и её влияния на лопасти;

2. Гуммирование (обрезинивание).

- Эластомерное покрытие холодного напыления. Такое покрытие обладает рядом преимуществ^[5,6]:

- a. “Мягкое” покрытие поглощает удары;
- b. Имеет эстетический внешний вид;
- c. Снижается уровень шума техники в процессе работы;
- d. Не подвержены коррозии;
- e. При повреждении покрытия можно его восстановить локально, не удаляя не повреждённый слой.



Рис. 3. Деталь до и после нанесения эластомерного покрытия^[7]

- Высокотемпературное нанесение порошкообразных смесей с использованием газопламенных горелок;
 - Оклеивание листовой невулканизированной резиной, или нанесение пастообразной резиновой смеси с последующей вулканизацией^[8].
3. Напыление металлических покрытий: цинк, алюминий, хром, никель;
 4. Контроль и регулирование количества оборотов вала с лопастями (чем больше скорость вращения, тем больше скорость водяного потока и тем больше пузырьков образуется).

На сегодняшний момент кавитация является одной из главных проблем при эксплуатации гидроагрегатов и не существует способа, который бы смог полностью ликвидировать влияние кавитации на лопасти гидроагрегатов. Однако существуют рабочие способы, которые существенно могут ограничить её влияние:

1. Деаэрация. Является эффективным способом уменьшения кавитации, так как лопасти малых гидротурбин располагаются близко к поверхности воды и поэтому в водном потоке, омывающем лопасти, содержится большое количество газовых включений. Однако процесс деаэрации не подходит для применения его на малых гидротурбинах из-за сложности этого процесса и его дороговизны ;

2. Гуммирование. Является наиболее эффективным с экономической и технической точки зрения (от 1000 до 10000 рублей^[9]). Малые ГЭС, в отличие от крупных (например, Саяношуйская ГЭС), не подвержены таким высоким напорам воды. Поэтому явление кавитации будет

не таким сильным. Из этого следует, что при нанесении такого покрытия будет обеспечена высокая продолжительность работы и высокий показатель износостойкости лопастей;

3. Металлическое напыление. Так же является эффективным способом борьбы с кавитацией, однако если при гуммировании поверхность лопастей покрывается обрешиненной оболочкой, которая способна амортизировать ударные волны кавитационных пузырьков, то металлическое напыление со временем выкрошится и придется либо менять лопасти, либо покрывать их новым слоем;

4. Контроль скорости вращения вала с лопастями. Так же является эффективным способом уменьшения кавитации, но использование этого метода сопряжено с дополнительными затратами электроэнергии на работу оборудования контроля, а так же его дороговизны.

Список литературы:

1. Евтушенко А.Д. Санаров С.В., Горяинова С.В., Паскарь И.Н. Возможности применения малой гидроэнергетики для электроснабжения малонаселённых пунктов севера Кузбасса/ Евтушенко А.Д., Санаров С.В., Горяинова С.В., Паскарь И.Н.// Сборник материалов II всероссийской научно-практической конференции “Энергетика и энергосбережение: теория и практика”, 2-4 декабря. – КузГТУ, 2015
2. Ремонт судовых гребных устройств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nescotech.ee/423rus.html>
3. Кавитация и тепло [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.konvenat.ru/stati/iz-interneta/54-kavitatsiya-i-teplo>
4. Кавитация: основные понятия, причины возникновения и её следствия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aliphant-group.com.ua/news/kavitaciya-osnovnye-ponyatiya-prichiny-vozniknoveniya-i-ee-sledstviya>
5. И. Меттер, Физическая природа кавитации и механизм кавитационных повреждений. Успехи физических наук. 1948 год. – 79с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ufn.ru/ufn48/ufn48_5/Russian/r485c.pdf
6. Защита от кавитации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metaline.com.ru/problems/cavitation>
7. Эластомеры (полуретан холодного нанесения) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uzor.su/htmlpages/Show/Specialnyepokrytiya/Elastomery>
8. Способы гуммирования валов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.unikom-service.ru/obrezinivanie_gummirovanie_valov
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tiu.ru/Gummirovanie.html>