

УДК 621.311

А.Д. ЕВТУШЕНКО, студент гр. ЭПб-141 (КузГТУ)

С.В. САНАРОВ, студент гр. ЭПб-141 (КузГТУ)

Научный руководитель И.Н. ПАСКАРЬ, старший преподаватель (КузГТУ)

ЯВЛЕНИЕ КАВИТАЦИИ НА ЛОПАСТЯХ МАЛЫХ ГИДРОТУРБИН И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

В уголке нашей необъятной родины имеются населённые пункты, которые удалены от крупных городов и (или) не имеют связи с централизованным электроснабжением, в которых выгодно использовать малые гидроэлектростанции для электроснабжения. Но в силу удалённости и труднодоступности этих населённых пунктов необходимо наличие таких гидроэлектростанций (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 (эррозия), 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. 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. 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). Является наиболее эффективным с экономической и технической точки зрения (от 1000 до 10000 рублей^[9]).

Малые ГЭС, в отличие от крупных (например, Саяно-Шушенская 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:

– 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;

е. 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;

– оклейка листовой невулканизированной резиной, или нанесение пастообразной резиновой смеси с последующей вулканизацией [8].

3. Напыление металлических покрытий (цинк, алюминий, хром, никель). Также является эффективным способом борьбы с кавитацией, однако если при гуммировании поверхность лопастей покрывается обрезиненной оболочкой, которая способна амортизировать ударные волны кавитационных пузырьков, то металлическое напыление со временем выкрошиться и придётся либо менять лопасти, либо покрывать их новым слоем;

4. Контроль и регулирование количества оборотов вала с лопастями (чем больше скорость вращения, тем больше скорость водяного потока и тем больше пузырьков образуется) Также является эффективным способом уменьшения кавитации, но использование этого метода сопряжено с дополнительными затратами электроэнергии на работу оборудования контроля, а также его дорогоизны.

Список литературы:

1. Евтушенко, А.Д. 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-kavitsiya-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. Меттер, И. Физическая природа кавитации и механизм кавитационных повреждений / И. Меттер // Успехи физических наук. – 1948. – 79 с. [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_gummirovaniye_valov.
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tiu.ru/Gummirovanie.html>.