

К.С. ЧУМАЧЕНКО, П.С. ЗАВЬЯЛОВ, канд. техн. наук, професор

Розрахунок пульсаційних характеристик за робочим колесом оборотної гідромашини в турбінному режимі

Збільшення потужностей оборотних гідромашин, форсування режимів експлуатації, робота машин на перехідних режимах підвищені вимоги надійності, довговічності та екологічності при високих енергокавітаційних показниках приводить до необхідності зменшення інтенсивності гідродинамічних нестационарностей в проточній частині.

З огляду на важливість цього питання, на кафедрі гідравлічних машин ім. академіка Г. Ф. Проскури НТУ «ХП» протягом багатьох лет проводяться розрахункові й експериментальні дослідження гідродинамічних нестационарностей у проточних частинах гідромашин.

Порівняння результатів чисельних розрахунків, модельних і натурних досліджень показує, що процес зміни пульсацій тисків досить добре моделюється, що дозволяє виконувати розрахункові дослідження на розроблених математичних моделях. З огляду на складність, тривалість і значну вартість експериментальних досліджень на модельних блоках і, особливо, на натурних машинах доцільно на попередніх етапах розробки проточної частини прогнозувати параметри нестационарних явищ, у тому числі й пульсаційні характеристики, чисельними методами.

Вібраційний стан оборотних гідромашин у значній мірі залежить від пульсацій тисків, обумовлених обертовим рухом вихрового джгута за робочим колесом у відсмоктуючій трубі, то прогнозування низькочастотних пульсацій на стадії розробки проточної частини є актуальним завданням. Експериментально була встановлена поява на глибоких часткових і форсованих режимах декількох вихрових джгутів [1–3], що необхідно враховувати в розрахункових моделях. Однак у відомих двомірних й тривимірних математичних моделях розглядаються схеми з одним вихровим джгутом і не визначаються частоти.

У більшості випадків вихровий джгут мають складну форму, що наближається до просторових спіралей. Тому важливим питанням стає вдосконалення й впровадження в практику розрахунку тривимірних математичних моделей. У просторовій математичній моделі із гвинтовим спіральним джгутом стінки відсмоктуючої труби, моделюються вихровою поверхнею зі змінною інтенсивністю, що складається з нескінченно тонких вихрових ниток із кроком, рівним кроку фізичного вихору [4].

Для реалізації розглянутої математичної моделі для випадку декількох фізичних вихорів необхідне визначення напруженості на стінках відсмоктуючої труби, з рішення інтегрального рівняння Фредгольма 1-го роду. Однак відомо, що пряме рішення такого рівняння утруднено в силу його некоректності, що

полягає в нестійкості рішення. Тому був розглянутий метод реалізації завдання шляхом завдання функції напруженості вихрового шару уздовж контуру поперечного перерізу відсмоктуючої труби, рядом Фур'є з невідомими коефіцієнтами. Вони визначаються з рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь, що заміняє приблизно інтегральні рівняння. Інтенсивність вихрового джгута визначається за значенням циркуляції потоку за робочим колесом у втулки за допомогою рівнянь спрощеної моделі осесиметричного потоку, що дозволяють розрахувати розподіл меридіональної швидкості уздовж вихідної кромки лопаті [3].

Для розрахунку пульсацій тисків необхідні залежності геометричних параметрів джгута: ексцентриситет, діаметра його поперечного перерізу, кута нахилу гвинтової лінії вихрового джгута; які були обрані на підставі візуальних досліджень потоку за робочим колесом модельних турбін.

Чисельні експерименти проводилися згідно алгоритму, розробленого й наведеного в роботі [4]. Програми складені мовою Фортран. Були отримані прогнозні пульсаційні характеристики, для моделі оборотної гідромашини середньої швидкохідності при розрахунковому напорі. Отримані дані дозволяють зробити вивід, що прогнозування пульсацій тиску в широкому діапазоні зміни режимів роботи, включаючи більші недовантаження й форсування потужності, доцільно ліву частину результуючої характеристики одержувати на основі розрахунку трьох вихрових схем (для одного, двох і трьох вихрових джгутів), праву, як показує практика, - на основі двох вихрових схем для одного й двох вихрових джгутів з розрахунком і нанесенням границь переходу. Аналіз розрахункових даних дослідженої проточної частини свідчить про припустимий рівень джгутових пульсацій тиску за робочим колесом оборотної гідромашини в турбінному режимі роботи, що є однією з необхідних умов забезпечення надійної роботи гідроагрегата.

Список літератури:

1. *Завьялов П. С.* Математическое моделирование низкочастотной нестационарности от пространственного вихревого жгута за рабочим колесом гидротурбины / П. С. Завьялов // «MicroCAD-97». Тр. междунар. на-учн.-техн. конф. ХПИ. Ч. 2. - Харьков, май 1997. - С. 64-68.
2. *Завьялов П. С.* К вопросу математического моделирования низкочастотных пульсаций давления в отсасывающих трубах жестколопастных гидротурбин / П. С. Завьялов, Ю. М. Кухтенков, Ю. А. Подвойский // Вестн. НТУ «ХПИ». - 2002. - Вып. 132. - С. 94-99.
3. *Бондаренко А. В.* Моделирование параметров вихревого жгута в поле универсальной характеристики жестколопастных гидротурбин / А. В. Бондаренко, А. М. Гришин // «MicroCAD-97»: Тр. междунар. научн.-техн. конф. Ч. 2. - Харьков, май 1997. - С. 64-68.
4. *Завьялов П. С.* Прогнозирование пульсаций давлений от нескольких вихревых жгутов за рабочим колесом радиально-осевой гидротурбины / П. С. Завьялов, Ю. М. Кухтенков, Ю. А. Подвойский // Вест. НТУ «ХПИ». - 2001. - Вып. 129. - С. 95-104.