

$$m_i = \pm 2 \cdot d \frac{m_p}{\rho^n} \quad (8)$$

где: m_p и m_v - средние квадратические погрешности измерения горизонтальных и вертикальных углов (для тахеометра ЗТА5Р. они составляют не более $m_p \leq 5''$, $m_v \leq 7''$).

Теоретические исследования и опыт наблюдений за деформациями металлоконструкций с использованием электронного тахеометра позволяют сделать следующие выводы.

- В предлагаемом методе все измеряемые величины (расстояния, высоты инструмента, высоты наведения и т.д.) во всех циклах находятся в одинаковых условиях и нарушение этих условий может возникнуть только при деформации конструкции;
- учитывая, что тахеометр позволяет измерять углы со средней квадратической погрешностью не более $m_v \leq \pm 7''$ -вертикальных и $m_p \leq \pm 5''$ -горизонтальных [5], метод позволяет получить достоверные данные о деформациях конструкций. При этом для повышения точности определения смещений следует увеличить количество приёмов измерения углов;
- на точность определения деформаций влияют только погрешности измерения углов. Остальные факторы исключаются самой методикой наблюдений;
- метод может быть рекомендован для исследования деформаций строящихся зданий и сооружений в случае невозможности применения метода геометрического нивелирования, т.е. в сложных стеснённых условиях, когда территория объекта загромождена строительными материалами, техникой и строительным мусором;
- метод позволяет проводить поэтапное определение вертикальных деформаций и устанавливать зависимость величин деформаций от нагрузки при строительстве сооружений.

УДК 621. 224-225.14

Громько О.В.

Научный руководитель: доцент Громик Н.В.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЯМОСНЫХ КОНИЧЕСКИХ ДИФFUЗОРОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Строительство малых ГЭС в Беларуси в настоящее время рассматривается как перспективное. Проточный тракт турбинных установок на этих ГЭС имеет коническую отсасывающую трубу, которая отводит воду от турбин в нижний бьеф. Применение в качестве отвода прямоосного диффузора упрощает конструкцию всего проточного тракта, но увеличивает высоту всего бетонного блока ГЭС, а, следовательно, удорожается стоимость строительства. Устройство длинных отсасывающих труб обусловлено тем, что переход кинетической энергии в потенциальную с наименьшими потерями возможен в конических трубах с небольшими углами конусности, в которых не происходит отрыва потока от стенок и эпюра скоростей стабильна. Потери в таких трубах минимальны.

Прямоосные конические диффузоры применяются в качестве отсасывающих труб реактивных турбин при строительстве малых ГЭС (Рис.1,а), а также при строительстве крупных насосных станций с осевыми насосами с низкими напорами, при этом диффузор устанавливается на выходе из насоса в сочетании с отводящей камерой (Рис.1,б). Такая компоновка позволяет отказаться от напорного трубопровода и водовыпуска, что снижает затраты при строительстве [1].

В обоих случаях поток из диффузора выходит в камеру, которая имеет соответствующие размеры, существенно влияющие на гидравлические характеристики всего проточного тракта и особенно диффузора. В значительной степени на коэффициент гидравлического трения (ξ) влияет дно или потолок камеры, а точнее расстояния между выходным сечением диффузора и экраном – дном или потолком камеры.

Исследованиям диффузоров посвящено большое количество работ. Однако не все вопросы изучены полностью. В значительной степени не изучен вопрос выхода потока из диффузора в открытое пространство.

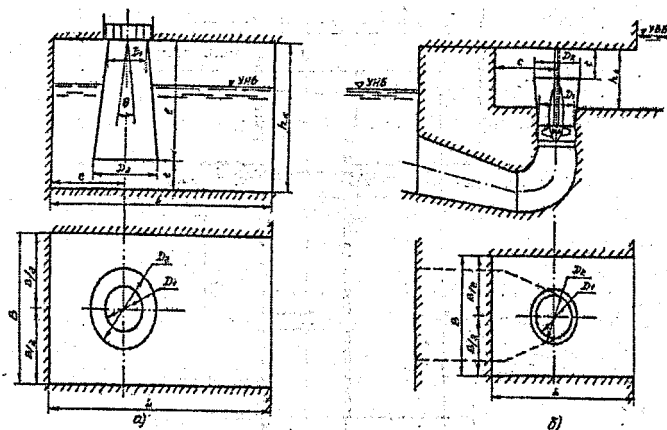


Рис. 1. Схемы установки и основные размеры прямоосных конических диффузоров: а – отсасывающая труба; б – камерный отвод осевого насоса.

Для получения опытных данных по обозначенным вопросам проводились исследования.

Основным элементом исследований являлся круглоцилиндрический диффузор, установленный на выходе из трубы. Он помещен в камеру нижнего бьефа, в которой располагался экран. Экран мог устанавливаться на различных расстояниях (l) от выходного сечения диффузора. Конструктивная часть исследуемого проточного тракта представлена на рисунке 2. Была исследована модель диффузора со следующими параметрами: $D_1=100$ мм, $\theta=8^\circ$, $L/D_1=1,5$, $D_2/D_1=1,705$, $F_2/F_1=1,45$. Модель диффузора выполнена с учетом опыта экспериментальных исследований для диффузоров гидроэнергетических установок. Характеристики потока измерялись в двух сечениях: на входе (сечение 1-1) и на выходе (2-2) диффузора.

В сечении 1-1 замеры проводились с помощью гидродинамической трубки с тремя отверстиями. Рассматриваемое сечение состояло из 12 равновеликих по площади колец. Мерные точки располагались на окружностях, радиусы которых определялись по формуле

$$r_i = R \sqrt{\frac{Ri-1}{2N}}, \quad (1)$$

где i – порядковый номер кольца от оси; N – число колец.

Для каждой точки подсчитывались полная энергия (E), давление (P), скорость потока (v).

Средневзвешенные по площади значения скоростей, давлений и энергий в сечении 1-1 подсчитывались по формуле

$$A_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^N A_i / N, \quad (2)$$

где A – рассматриваемая характеристика потока.

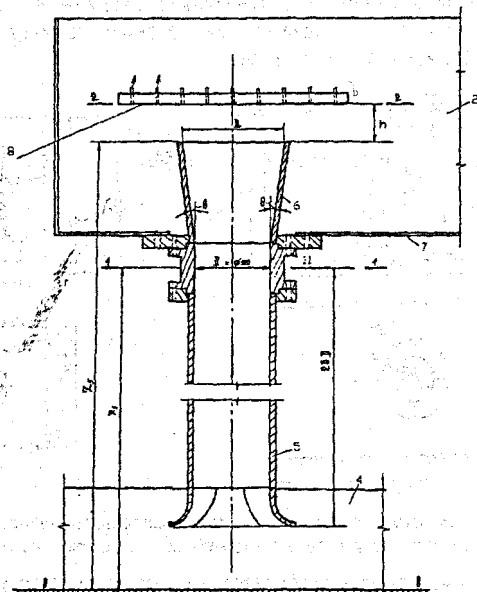


Рис. 2. Схема подвода и отвода потока от исследуемой модели:
 4 – успокоительный бак (см. рис.2); 5 – труба из органического стекла; 6 – исследуемая модель диффузора; 7 – бак нижнего бьефа; 8 – экран; 11 – калиброванное кольцо.

Угол закрутки потока определялся как

$$\alpha = \arctg (v_w/v_z), \quad (3)$$

где v_w и v_z – окружная и осевая составляющие полной скорости.

Коэффициент Кориолиса на входе в диффузор для осевого потока

$$K_1 = \sum_1^n v_{z11}^3 / N \cdot v_{z1cp}^3, \quad (4)$$

Для закрученного

$$K_{13} = \sum_1^n v_{z11} \cdot v_w^2 / N \cdot v_{z1cp}^3, \quad (5)$$

где v – полная скорость потока.

Полный напор в сечении 2-2 измерен с помощью трубок Пито, вмонтированных в экран и выведенных на пьезометрический щит. Показания пьезометров и картина истечения струи из диффузора фотографировались. Для этого в баке 7 фронтальная стенка была оборудована смотровым окном. Параметры струи определялись по масштабной линейке, помещенной в струю. Масштаб линейки переводился на параметры струи. Измерялась высота струи $h_{стр}$ в 1-ом сечении и скорость

$$v_1 = \sqrt{2gh_{стр}}, \quad (6)$$

Потери энергии определялись по формуле

$$\Delta E = E_1 - E_2 = E_1 - (K_1 (v_{z1cp} / 2g) + h), \quad (7)$$

Коэффициент гидравлического сопротивления – по формуле:

$$\xi = \Delta E \cdot 2g / v^2_{1cp} \quad (8)$$

Была проведена серия экспериментов.

1. Определялись гидравлические потери при выходе потока в атмосферу при различных числах (Re). Визуальное наблюдение за струей и ее фотографирование с помещенной рядом масштабной линейкой.

2. Влияние на гидравлические потери в диффузоре круглого плоского экрана при выходе потока в атмосферу и под уровень при различных числах (Re).

3. Затопленный выход из диффузора без экрана.

4. Выход закрученного потока $\varphi = 30^\circ$ на экран в атмосферу и под уровень.

Экран, установленный на выходе из диффузора на определенном расстоянии (t), заставляет поток изменить направление движения в радиальном направлении в результате чего повышается давление во «внешней» части потока, т.е. на оси диффузора и понижение давления во «внутренней» его части – у стенок диффузора. Наличие неравномерного давления приводит к переформированию профиля скоростей в диффузоре, т.е. их выравниванию, и ослабевает развитие отрывных явлений. Эти изменения потока приводят к уменьшению коэффициента гидравлического сопротивления.

Эксперименты подтвердили, что влияние экрана выравнивает профили скоростей в диффузоре. Это видно по изменению коэффициента Кориолиса в выходном сечении. При истечении без экрана значение (K_2) составляло 1,15, а с экраном – 1,026.

Расположение экрана от выходного сечения имеет оптимальное значение при котором снижение коэффициента гидравлического сопротивления максимальное.

Результаты исследований влияния (t) на (ξ) показывают, что с увеличением расстояния от выходного сечения диффузора от экрана значение (ξ) уменьшается и, начиная с некоторого значения t/D_1 несколько возрастает или меняется незначительно. Для диффузора с углом раскрытия $\theta = 80^\circ$ оптимальное значение лежит в пределах от 0,7 до 0,9.

В случае истечения на затопленный экран значения коэффициента потерь уменьшаются в связи с тем, что подтопление способствует некоторому выравниванию профиля скоростей по сечениям диффузора.

Подтопление диффузора незначительно влияет на абсолютное значение (ξ) диффузора.

Изменение значений (Re) от $0,8 \times 10^5$ до 4×10^5 приводит к заметному изменению режима течения в диффузоре, выходное сечение которого подперто экраном.

Характер кривых $\xi = f(Re)$ свидетельствует о том, что изменение скоростей течения в диффузоре приводит к существенному изменению отрывных явлений и изменению влияния подпора на распределение скоростей в сечениях диффузора. Однако при значениях $Re > 2,5 \times 10^5$, характерных для отсасывающих труб гидротурбин и конических водовыпусков осевых насосов, значения (ξ) от (Re) не зависят и определяются геометрическими параметрами водовыпускного сооружения.

Некоторая умеренная закрутка потока во входном сечении диффузора приводит к переформированию структуры течения, за счет этого значения коэффициента Кориолиса снижаются, что подтверждено экспериментально.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При выходе потока из сети, заканчивающегося диффузором, на плоский экран значения гидравлических потерь зависят от расстояния между экраном и выходным сечением диффузора. Существует оптимальное расстояние, при котором значения коэффи-

циента гидравлического сопротивления и коэффициента Кориолиса в диффузорах ниже, чем при отсутствии экрана.

2. При истечении из диффузора на экран в атмосферу оптимальное расстояние для полного угла раскрытия диффузора θ^0 составляет 0,7 – 0,9 (в долях от входного диаметра диффузора). Подтопление истечения снижает коэффициент гидравлического сопротивления в 1,3 – 1,5 раза. Значения оптимального расстояния практически не изменяются.

3. При выходе потока на экран изменение чисел Рейнолдса приводит к изменению режима течения в диффузоре. Существует значение числа Рейнолдса, при котором коэффициент минимален.

4. Закрутка потока в выходном сечении диффузора приводит к незначительному снижению коэффициента сопротивления диффузора подпертого экраном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карелин В.Я., Громик Н.В., Волшаник В.В. Гидравлические характеристики прямоосных конических диффузоров гидроэнергетических установок. «Гидроэнергетическое строительство», 1987, №3, С.31-35.

2. Идельчик И.Е., Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1975, 560с.

3. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – М., 1982, 224с.

4. Волшаник В.В., Казеннов В.В. Уточненные зависимости для расчета потерь энергии осевого потока жидкости в прямоосных конических диффузорах. – В кн.: Сооружения, оборудование и режим работы ГЭС, ГАЭС и насосных станций. – М.: МИСИ, 1975, С.58-67.

5. Волшаник В.В., Казеннов В.В. Экспериментальное исследование характеристик закрученного потока жидкости в прямоосном коническом диффузоре. – В кн.: Вопросы гидравлики. – М.: МИСИ, 1974.

6. Ханжонков В.Н. Улучшение эффективности диффузоров с большими углами раскрытия при помощи плоских экранов. – Промышленная аэродинамика, 1947, №3

7. Богдановский В.И. Исследование форм подводов и отводов осевых насосов. – В кн.: Расчет и исследование насосов. – Л.: 1958.

8. Волшаник В.В. Расчет потерь энергии закрученных потоков жидкости в прямоосных конических диффузорах. – В кн.: Гидравлика гидротехнических сооружений и гидроэнергетических установок. – М.: МИСИ, 1983, С.157-174.

УДК 624.155.001.24

Дёмин В.В., Восинский И.О.

Научные руководители: асс. Дёмина Г.П., проф., к.т.н. Шведовский П.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИЙ ФУНДАМЕНТОВ СВАЙНОГО ТИПА

Составление ряда предпочтительности и выбор проектного варианта по типу фундамента можно решать на любом уровне: очень осторожном, среднечисленном, рисковом и с использованием самых современных математических методов (вероятностных, «статистических», игровых, смешанных, стратегических). Однако полная реализация данной логической схемы требует применения мощных ЭВМ в диалоговом режиме. В настоящее время, очевидно, пока целесообразнее при выборе ресурсосберегающих решений в области фундаментостроения реализация на ЭВМ блока задач методами, предложенными в работе [1].