

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО УЗЛА НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

О.Ю. Пак, САНИИРИ

Р.Р. Эргашев, ТИИМ

Гидродинамическое диагностирование ранее не применялось на ирригационных насосных установках (НУ), а частично использовалось при диагностировании СМВ АПК.

Гидродинамические принципы диагностирования каналов, разработанные профессором Гловацким О.Я. дают возможность выявить малонадежные разрушающиеся части и элементы канала, определить границы и объем повреждений.

Использование этих приемов позволяют отказаться от применяемых субъективных малоэффективных методов планирования профилактических и ремонтных работ и внедрить научно обоснованные методы их планирования, основанные на использовании современных статистических методов.

Методы и средства диагностики должны быть удобны для применения в условиях эксплуатации, обеспечивать диагностирование в минимальное время, обладать большой точностью и достоверностью показаний, быть экономически целесообразными.

Опыт эксплуатации показывает, что техническое состояние таких узлов, как бесплотинный водозабор из Амударьи, различные сбросы, сооружения на пересечении канала на перегораживающими сооружениями, сопрягающие сооружения и т.д., в значительной степени влияют на изменение общего технического состояния и работоспособность всего комплекса.

В объектах, возведенных для нормального функционирования машинного канала и НУ, имеются многочисленные металлические конструкции. Со временем различные детали и узлы этих конструкций постепенно или внезапно теряют свою работоспособность. При правильной эксплуатации можно сохранить работоспособность объектов в течении всего заданного промежутка времени, и процессы изнашивания в результате разрушения, старения будут носить нормальный характер.

На элементы СМВ, типа плавучих запаней, развитого входа в НУ, находящихся в воде, действует сила лобового сопротивления и подъемная сила, которые могут сильно влиять на их устойчивость, вызывая гидродинамический момент. Сплошные обтекаемые элементы в водном потоке работают как подводные крылья.

В САНИИРИ проведено экспериментальное исследование гидродинамических характеристик элементов НС-1, находящихся в воде на глубине 0,6 м (верхнее положение) и 1,5 м от свободной поверхности (нижнее положение)

Опыты проводились на трех вариантах (рисунок - 1) Модель I представляет собой запань из блоков с металлической обтекаемой оболочкой, модель II^a- в виде металлической решетчатой фермы и модель III- из металлических блоков треугольного очертания. Модели были выполнены в масштабе 1: 25.

Модели I и III, как сплошные конструкции работали в условиях плоской задачи. В натуре каждая из моделей соответствовала запани длиной 22 м, шириной соответственно 5,5 и 6,5 м и высотой 0,95 и 1,1 м.

Модель II^a, как ферма, работала в условиях пространственной задачи. В натуре она способствовала строению длиной 17,75 м с шириной фермы 4,5 м и высотой 2м.

Основные опыты по определению гидродинамических характеристик запаней проводились в гидротехническом лотке длиной 7 м и шириной 0,7 м.

Вода под напором поступала в приемный бак, из которого через мерный трапецеидальный водослив перетекала в лоток. У входа в лоток имелся успокоитель в виде сетки из деревянных планок. В конце лотка устанавливалась тонкая стенка для создания необходимых глубин.

Опыты проводились при четырех значениях средней скорости потока (0,4;0,3;0,2 и 0,1 м/с), при этом получены числа Рейнольдса (для температуры 15°С) 320000; 229000; 144000 и 66000.

Первоначальная обработка результатов определения гидродинамических усилий, действующих на модели запаней при их погружении в воду, была проведена по закону гравитационного подобия Фруда. Однако в дальнейшем анализ опытных данных показал, что решающее значение в определенных условиях имеет не сила тяжести, а сила трения, а следовательно, число Рейнольдса.

Моделирование по Рейнольдсу осуществить трудно, в связи с этим опытные данные гидродинамических характеристик для применения их к натурным условиям выражены в безразмерной форме в виде коэффициентов сопротивления, а особенности работы запаней характеризуются силами сопротивления, полученными для моделей.

Для определения гидродинамических характеристик воздействия водного потока на модель, погруженную в воду, она подвешивалась в лотке на четырех эластичных тягах, которые компенсировали вертикальные усилия (вес модели в воде). Силы сопротивления определялись дополнительно установленной тягой.

Каждая тяга закреплялась на консольной балочке. Усилия при различных режимах движения потока измерялись тензодатчиками (l=20мм и r=180 мм), наклеенными на консольных балочках, осциллограммы записывались на восьмишлейфовом осциллографе Н-102.

Схема подключения осциллографа показана на рисунке 2. Изменяя длину тяг модели устанавливали в горизонтальное положение под положительным или отрицательным углом атаки.

Угол атаки считался положительным, если он соответствовал дифференту понтона на корму и отрицательным, если он соответствовал дифференту на нос.

При опытах измерялись:

1. Горизонтальное усилие в носовой части понтона P'_x
2. Вертикальное усилие в носовой части P_1
3. Вертикальное усилие в кормовой части P_2

Сила лобового сопротивления P_x определялась как проекция на горизонталь усилия в тяге P'_x .

Общее усилие в вертикальных тросах устанавливалось как сумма усилий P_1 и P_2

$$P'_y = P_1 + P_2 \quad 1$$

Для определения подъемной силы P_y из значения усилия P'_y исключался вес модели в стоячей воде G

$$P_y = P'_y - G \quad 2$$

Гидродинамический (опрокидывающий) момент, зависящий от сил P_x и P_y , вычислен на 1 пог. м. понтона для максимальной глубины в натуре $H=6$ м относительно предполагаемой точки опрокидывания (шарнир опоры А) при верхнем и нижнем положениях с учетом угла атаки

$$M_0 = P_x h + P_y b \quad 3$$

где h и b - соответственно плечи сил P_x и P_y

На рисунке 1 для запани из блоков с металлической обтекаемой оболочкой (модель I) показана схема действующих сил, определяющих гидродинамический (опрокидывающий) момент. Схема предусматривает наиболее опасное положение, когда понтоны не полностью закреплены на опоре. Измеренные кривые свободной поверхности потока показывают, что погруженное под воду строение вызывает местные изменения свободной поверхности потока, имеющие много общего с изменениями, наблюдаемыми при протекании воды через затопленную донную преграду.

При погружении в воду понтона, в верхнем бьефе возникает подпор. В пределах сооружения образуется стеснение потока в вертикальной плоскости, однако наименьшее значения глубин могут быть и в нижнем бьефе сооружения вследствие волнообразности поверхности потока.

Максимальная глубина в подпоре (перед сооружением) может быть определена следующим образом:

$$h_1 = h_b + \xi \frac{v_c^2}{2g} \quad 4$$

где h_b - бытовая глубина в естественных условиях
 v_c^2 - средняя скорость в сжатом по вертикали сечении
 ξ - коэффициент сопротивления.

Наибольшее сужение потока (h_1-h_6), наблюдаемое в верхнем положении пролетного строения примерно в 1,5 раза больше высоты подпора.

При максимальной средней скорости потока (для модели $v=0,4$ м/с) в верхнем положении получены следующие значения коэффициентов сопротивления: $\xi=0,745$ (модель I), $\xi=0,803$ (модель II^a) и $\xi=0,634$ (модель III). В этом случае деформации свободной поверхности особенно заметны.

На основании опытных данных (осциллограмм), а также из литературных источников /1,2,3,4/ установлено, что гидродинамические характеристики имеют следующие зависимости:

сила лобового сопротивления

$$P_x = \frac{C_x \rho S v^2}{2} \quad 5$$

Подъемная сила

$$P_y = \frac{C_y \rho S v^2}{2} \quad 6$$

где v – средняя скорость потока;

ρ - плотность воды;

S - площадь проекции пролетного строения на горизонтальную плоскость;

C_x - коэффициент лобового сопротивления;

C_y - коэффициент подъемной силы.

С возрастанием числа Рейнольдса значения коэффициентов C_x уменьшаются, однако при $Re \geq 320000$ это уменьшение для всех моделей незначительно.

С увеличением угла атаки коэффициенты C_y увеличиваются, исключение составляет нижнее положение моделей II^a и III с отрицательными углами атаки, где коэффициент C_y при угле атаки $-2,5^\circ$ больше, чем при угле атаки -5° .

Для моделей I и III с возрастанием числа Рейнольдса значения коэффициентов C_y также уменьшаются, при $Re \geq 320000$ это уменьшение незначительно. Аналогично положение с моделью II при положительных углах атаки ($0, 2,5,$ и 5°) в верхнем положении и отрицательных углах атаки ($-2,5$ и -5°) в нижнем положении.

Значения числа Рейнольдса для натуральных условий намного превосходят величину $Re=400000$. Это позволяет использовать полученные значения коэффициентов сопротивления для определения сил и гидродинамических моментов в натуре.

Для сравнения работы моделей запаней, помимо коэффициентов сопротивления, интересен характер изменения сил лобового сопротивления и подъемной силы в зависимости от числа Рейнольдса.

Основной целью диагностики является прогнозирование состояния, обработка экспериментальных данных для выявления элементов, сооружений, наиболее чувствительных к воздействию неблагоприятных условий работы насосных станций и насосных установок. В связи с этим диагностике приходится решать две задачи: найти признаки, изменение которых обуславливают неполадки, аварийную ситуацию, и найти комплекс признаков для прогнозирования назревающих отказов.

Таким образом, диагностическими признаками для НС могут служить: пропускная способность, потери воды вдоль пути, устойчивость дна и откоса канала, высота командования, повреждаемость объектов, построенных для нормального функционирования канала и его основных элементов наличие в воде продуктов размыва (взвешенных и донных наносов, плавника). Эти признаки могут быть разделены на две группы: характеризующие работоспособность, характеризующие повреждения, которые приводят или могут привести к отказу объекта или его составляющих элементов.

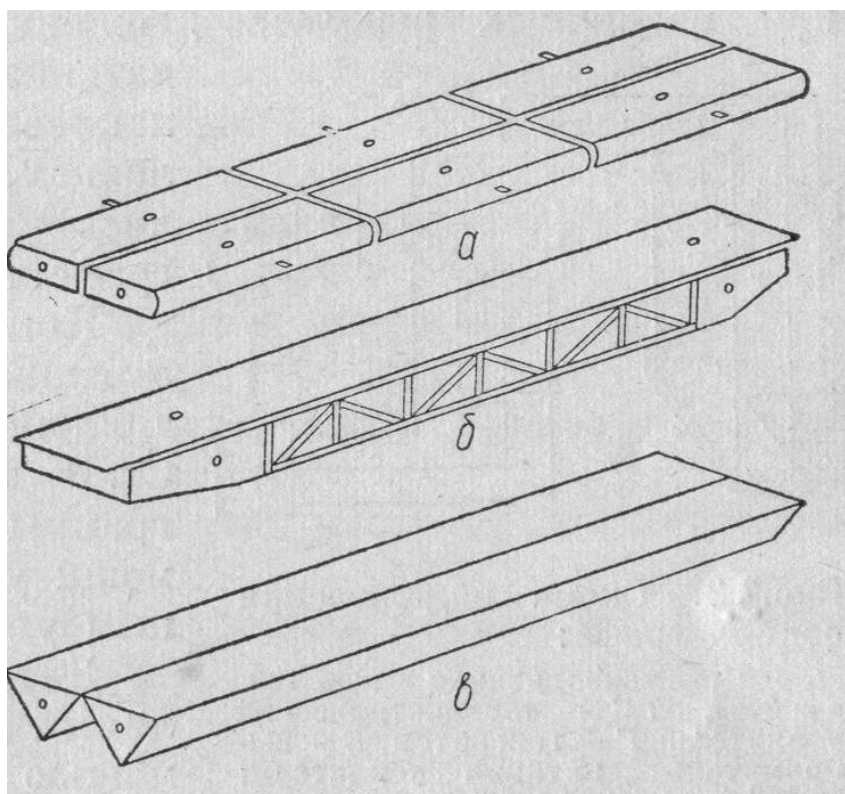


Рисунок 1 Схемы строений запаней
а-I; б—II^а; в-III

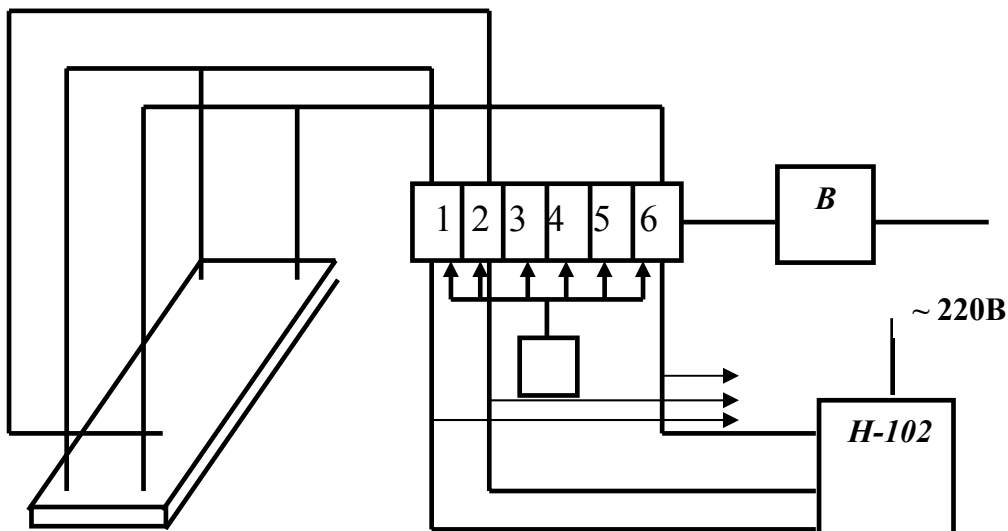


Рисунок 2 Схема подключения осциллографа:

Д₁-Д₃ – тензодатчики ($r=180$, $e=200$); ТУ- тензометрический усилитель; Г- генератор; В- выпрямитель питания усилителя; H-102 – осциллограф восьмишлейфовый

Список литературы:

1. Гловацкий О.Я. Совершенствование мелиоративных насосных станций// Мелиорация и водное хозяйство,1990, №1. -6
2. Джамалов В.Ш., Гловацкий О.Я., Очилов Р.А. /Исследования вибрации крупных центробежных насосов применительно к возможностям диагностирования // Труды ТИИИМСХ, вып.126,1982. -6