

В. Н. Жамагориян, К. Х. Овсепян

Способ измерения волновых колебаний при исследовании в лаборатории неустановившегося движения жидкости

При лабораторных исследованиях неустановившегося волнового движения воды возникают затруднения при измерении и регистрации колебаний ее уровня.

В частности, это имело место при гидравлических исследованиях неустановившегося движения воды, проводившихся в Водно-энергетическом институте АН Армянской ССР на пространственных моделях гидротехнических сооружений [1].

Для измерения и регистрации колебания уровня воды по времени было предложено много приборов и схем, основанных на совершенно различных принципах. Среди них поплавковые приборы с непосредственной записью, поплавковые приборы с датчиками, электродные и другие. Преимущества и недостатки отдельных схем и приборов подробно описаны в соответствующей литературе [1, 2, 3, 4, 5].

Большая часть из предложенных схем и приборов не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к ним при лабораторных исследованиях.

Эти требования сводятся к следующим:

1. Высокая чувствительность.
2. Безинерционность.
3. Надежность измерений,
4. Ненарушение структуры потока.
5. Запись, допускающая простоту обработки.

Описываемый в настоящей статье сравнительно простой и надежный способ регистрации уровней воды при неустановившемся движении был применен в лаборатории Водно-энергетического института (ВЭНИ) при измерении колебаний уровня до 8—10 см.

Регистрация уровня производится с помощью прямой схемы, состоящей из двух электродов, погружаемых в воду и включаемых в электрическую цепь, состоящую из аккумуляторной батареи и вибратора осциллографа (см. фиг. 1).

При колебаниях уровня воды изменяется величина погружения неподвижных электродов в воду, что приводит к изменению электрического сопротивления цепи, следовательно, к изменению силы тока.

Изменение силы тока по времени, которое пропорционально изменению уровня воды, фиксируется при помощи осциллографа на светочувствительной бумаге.

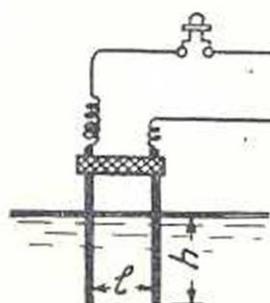
Предлагаемые в литературе электродные методы измерения уровня воды в основном относятся к мостиковой схеме при переменном токе.

Применение переменного тока рекомендуется для уменьшения влияния поляризации электродов, которая приводит к искажению показаний прибора.

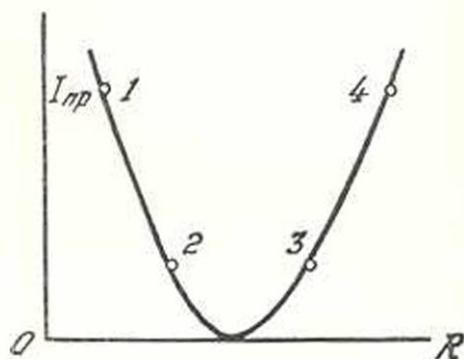
Сила тока в измерительной диагонали мостовой схемы, при $R_2=R_3=R_4=R_0$ и $R_1=R_0 \pm \Delta R$ (сопротивление датчика) равна

$$I_{\text{приб.}} = I \frac{R_0(R_0 \pm \Delta R) - R_0^2}{R_{\text{приб.}}(4R_0 + \Delta R) + 4R_0^2 + \Delta R 2R_0} \quad (1)$$

Шкала такого неравновесного моста нелинейна. При схеме с выпрямителями в измерительной диагонали прибор дает U-образную характеристику (см. фиг. 2).



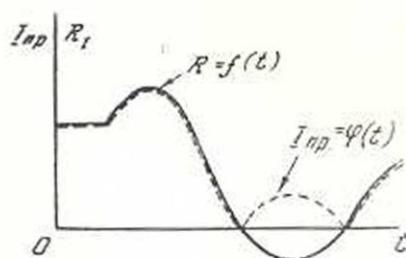
Фиг. 1.



Фиг. 2.

Если при работе датчика величина R_1 не выходит за пределы участков 1—2 или 3—4, то показание прибора или отклонение луча вибратора осциллографа почти пропорциональны изменению сопротивления датчика. В случае, когда при работе датчика величина R_1

переходит за пределы, соответствующие точке перегиба характеристики, то имеет место как изменение масштаба записи, так и опрокидывание кривой записи (см. фиг. 3).



Фиг. 3.

С целью исключения влияния на проводимость воды при изменении ее температуры было предложено много методов, при которых

получаются сложные измерительные цепи. Однако, все эти методы недостаточно эффективны.

Целесообразность предлагаемой прямой схемы постоянного тока ясна из нижеследующего.

Эта схема более проста в исполнении и лишена недостатков мостовой схемы, как-то: нелинейность ее и возможность опрокидывания записи.

Одним из недостатков применения переменного тока является так называемая теневая запись. Обработка такой записи достаточно трудоемка, в особенности при одновременной записи при нескольких электродах.

Наши опыты показали, что при достаточно малых плотностях тока на электродах ($0,1-0,15 \text{ ма/см}^2$) влияние поляризации ощутимо только в неподвижной воде, а в текущей это влияние, как показал опыт, незначительно. Поэтому масштаб записи не меняется в зависимости от погружения электродов, в особенности, когда последние изготовлены из нержавеющей и отшлифованной стали.

На фиг. 4 приведена осциллограмма, снятая с целью тарировки прибора, произведенной в стоячей и движущейся воде ($V_0 \approx 5 \text{ см/сек}$). В стоячей воде после почти мгновенного увеличения погружения электрода на глубину 20 мм сила тока не остается постоянной, несмотря на то, что погружение в течение некоторого времени сохраняется постоянным.

В движущейся воде при тех же условиях сила тока не меняется. В последнем случае масштаб уже становится определенным.

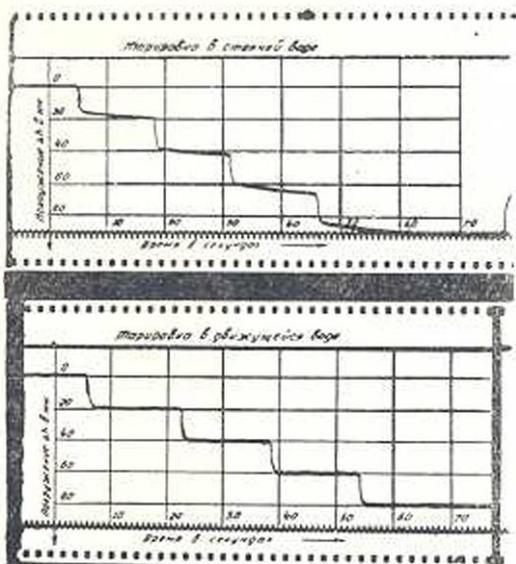
Обычно в лабораторных исследованиях в течение времени проведения эксперимента температура и химический состав не меняются.

Для прямой схемы можем написать закон Ома в следующем виде

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

где E — ЭДС постоянного тока,

R_1 — сопротивление водяного участка цепи (переменная часть сопротивления),



Фиг. 4.

R_2 — сопротивление всей остальной части цепи, т. е. постоянная часть сопротивления.

Лабораторные исследования показали, что сопротивление водяного участка цепи (между электродами) меняется по следующему закону:

$$R_1 = c \frac{f(I)}{h}, \quad (3)$$

где h — глубина погружения электродов,

l — расстояние между электродами,

c — коэффициент пропорциональности.

Так как при производстве измерений расстояние между электродами l не меняется, то можно написать, что

$$R_1 = \frac{a}{h}; \quad (\text{где } a = c \cdot l(I) = \text{const}), \quad (4)$$

Учитывая это, закон Ома можем записать в виде:

$$I = \frac{h \cdot E}{a + h R_2}. \quad (5)$$

Если второе слагаемое в знаменателе — $h \cdot R_2$ пренебрежимо мало по сравнению с a , то связь между силой тока и глубиной погружения будет линейной:

$$I = B \cdot h, \quad (6)$$

т. е. масштабный коэффициент при разных погружениях остается постоянным.

Очевидно, что при больших погружениях связь (5) будет нелинейной, так как влияние второго члена знаменателя будет заметно сказываться.

Прямая схема постоянного тока для одновременной записи колебания уровня в 6-и точках двумя трехшлейфовыми осциллографами представлена на фиг. 5.

Вся схема питается от аккумуляторной батареи 12 в, которая присоединена к выпрямителю и находится в режиме подзаряда.

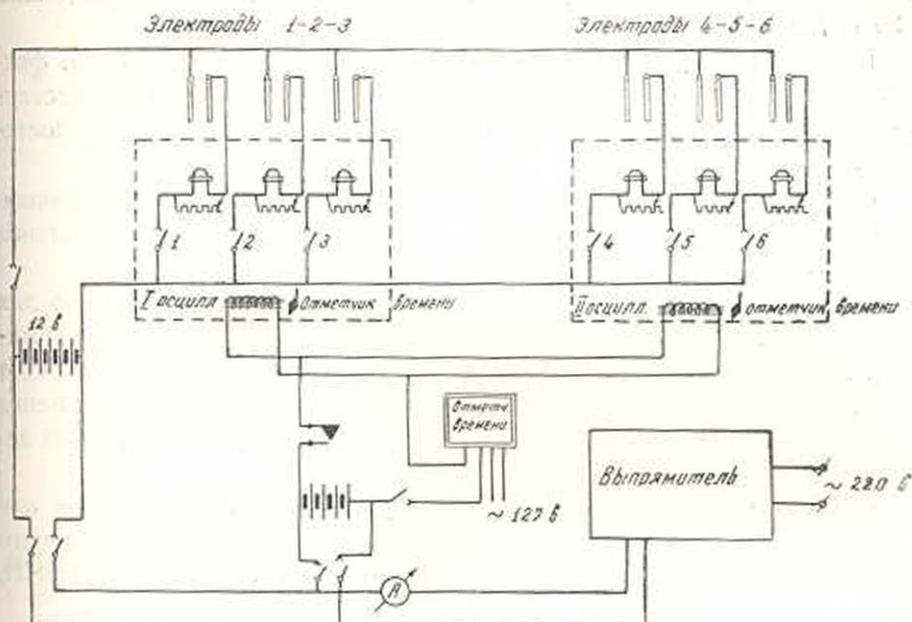
Отрицательный полюс батарей присоединен ко всем отрицательным электродам.

Положительный полюс батарей присоединен к положительным электродам через индивидуальные выключатели и шунты. К каждому шунту приключен свой измерительный вибратор.

Шунт вводится для возможности изменения масштаба записи до желаемой величины.

Осциллограф одновременно записывает время, получая импульсы от электрических контактных часов.

Поперечное сечение электродов и расстояние между ними для данного напряжения тока зависят от желаемого масштаба и от применяемых типов вибраторов. Например, при применении вибраторов



Фиг. 5.

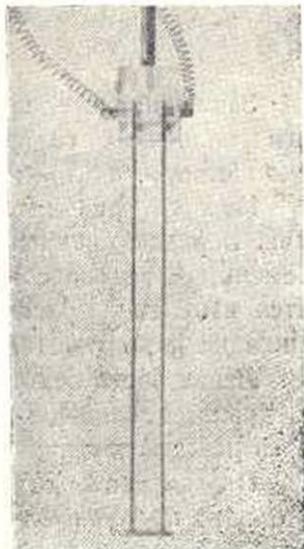
с чувствительностью порядка $0,05 \text{ мА/мм}$ без шунта, можно получить масштаб порядка $1:2$. Эти величины соответствуют следующим данным: поперечное сечение размерами $1 \times 3 \text{ мм}$, расстояние между электродами 15 мм , материал электродов — нержавеющая сталь с отцифрованной поверхностью.

Такой электрод изображен на фиг. 6 (длина 180 мм). Параллельность электродов и постоянство расстояния между ними обеспечиваются одетым на электроды наконечником, изготовленным из диэлектрика.

При погружении такого электрода в воду на 5 см сопротивление R_1 получается порядка $10\,000 \text{ ом}$, тогда как величина R_2 составляет лишь несколько ом.

Электроды, закрепленные на тастерах, опускаются в воду в точках измерения настолько, чтобы при колебаниях горизонта они не обнажались.

Перед основным опытом производится тарировка электродов в условиях установившегося движения, когда горизонт практически не колеблется. Разумеется, что скорости при этом должны быть небольшие во избежание возникновения пульсационных колебаний уровня. Поэтому рекомендуется тари-



Фиг. 6.

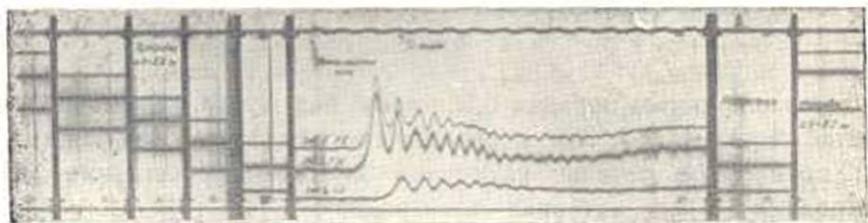
ровку производить при скоростях движения воды, не превосходящих 2—20 см/сек.

При каждом увеличении погружения через, скажем, 2 см. фиксируется положение зайчика. Если равным погружениям соответствуют одинаковые отклонения луча, то масштаб записи остается постоянным.

После тарировки производится основной опыт. Непосредственно после опыта указанным выше способом производится контрольная тарировка.

Одну из двух тарировок нужно производить более детально для проверки сохранения постоянства масштаба при различных погружениях уровня. Например, при измерении колебания уровня порядка 10 см удобно при одной тарировке произвести пять погружений, меняя их через каждые 2 см, а при другой — одно погружение любой величины.

На фиг. 7 представлен образец осциллограммы, полученной при исследовании неустановившегося волнового движения, возникавшего при внезапном изменении расхода на модели в лаборатории ВЭНИ.



Фиг. 7.

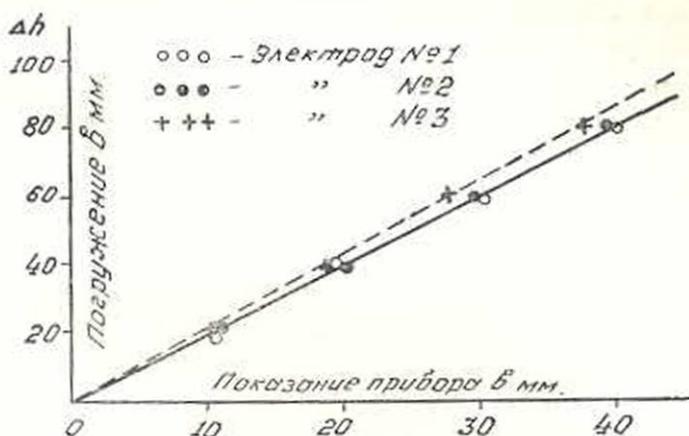
Запись произведена трехшлейфовым осциллографом, фиксировавшим колебания горизонта в трех точках, причем две точки были в одном створе, одна — во втором.

Нижняя крайняя линия — запись, так называемого, постоянного луча. Верхняя крайняя линия — шкала времени. Включение отметчика времени, связанное с закрытием щита, с помощью которого производится изменение расхода, соответствует началу неустановившегося движения и получается автоматически.

Левая часть осциллограммы соответствует „подробной“ тарировке, произведенной до основного опыта и состоящей из 5 погружений через каждые 2 см.

Правая часть соответствует контрольной тарировке, состоящей из одного погружения на 8 см.

На фиг. 8 приведены зависимости для трех датчиков, соответствующих осциллограмме фиг. 7. Эти зависимости представляют из себя прямые линии с постоянным угловым коэффициентом, что говорит о постоянстве масштабного коэффициента для каждого электроодного датчика.



Фиг. 8.

Достоинствами описанного способа измерения являются: 1) безинерционность прибора, 2) сравнительная точность измерений, 3) удобство обработки осциллограммы благодаря записи одной линией, 4) электрическая схема сравнительно проста.

Отрицательной стороной данного способа, как и всех способов, связанных с применением электродов, является необходимость в тарировке в движущейся воде, что не во всех случаях возможно, как например, при исследовании движения жидкости на моделях быстро-токов.

Водно-энергетический институт
АН Армянской ССР

Поступило 27 VI 1955

Վ. Կ. Ժամադորձյան, Կ. Խ. Հովսեփյան

ՋՐԻ ՈՋ ՀԱՍՏԱՏՎԱԾ ՇԱՐՔՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ ԱԼԻՔԱՅԻՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ԶԱՓՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Գոյութիւնն ունեցող մեթոդների համառոտակի թվարկումից հետո, հազվաժամ առաջարկվում է ջրի ալիքային տատանումների չափման նոր եղանակ, որը կիրառութիւն է գտել Հայկական ՍՍՌ Գիտութիւնների ակադեմիայի Ջրա-էներգետիկ ինստիտուտի ըստրատորիայում: Ջրի մակերևութի տատանումները գրանցվում են երկու էլեկտրոդների միջոցով, որոնք խորասուզված են ջրի մեջ և էլեկտրական մարտկոցի ու օսցիլոգրաֆի շեյքի հետ կազմում են մի շղթա (նկ. 1): Ջրի մակերևութի տատանման շնորհիվ փոխվում է էլեկտրոդների խորասուզվածութիւնը, դրա հետևանքով փոխվում է երկու էլեկտրոդների միջև եղած էլեկտրական դիմադրութիւնը: Գիմադրութիւն փոփոխման հետևանքով փոխվում է էլեկտրական հոսանքը:

Հոսանքի այդ փոփոխությունը օսցիլոգրաֆի միջոցով գրանցվում է լուսագրայուն թղթի վրա:

Հոգվածում ցույց է տրված, որ հաստատուն հոսանքով աշխատող սխեմայի դեպքում գրանցման մասշտաբային գարծակիցը պետք է որոշել միայն հոսող ջրում, որովհետև միմիայն այդ դեպքում ենք ստանում բևեռացման ազդեցության բացասում (նկ. 4):

Նկ. 7-ում տրված է ալիքային ոչ հաստատված շարժման ուսումնասիրման ժամանակ ստացված օսցիլոգրամի նմուշը. նկ. 8-ում ցույց է տրված այդ օսցիլոգրամին համապատասխանող տարիլրովիան:

Առաջարկված եղանակը հաջողությամբ կարող է օգտագործվել լարատորիաներում ջրի ոչ հաստատված ալիքային շարժումն ուսումնասիրելու ժամանակ:

ЛИТЕРАТУРА

1. Егиазаров И. В. Исследование волновых явлений на сооружениях Куйбышевского гидроузла. «Вестник АН СССР», № 7, Москва, 1952.
2. Егиазаров И. В. Неуставовившиеся движения в длинных бьефах. Известия НИИГ, 21, Ленинград, 1937.
3. Сотсков Б. С. Основы расчета и проектирования элементов автоматических и телемеханических устройств. Москва, 1953.
4. Турчин А. М. Электрические измерения неэлектрических величин. Москва, 1954.
5. Шляндин В. М. Элементы автоматики и телемеханики. Москва, 1954.