

где  $\varphi < 1$  – коэффициент, учитывающий сопротивления сетчатого полотна и ударные потери при взаимодействии потока с пластиной.

Выражение (4) позволяет определять расчетные кинематические и динамические характеристики кумулятивной струи, а также величину крутящего момента, необходимого для привода во вращение наклонной пластины.

Составляющая  $u_k$  скорости кумулятивной струи создает импульсное движение, которое перемещает плавающие тела вокруг сетки в направлении, обратном вращению пластины, а также отпугивает мальков рыбы при подходе к сетке.

Таким образом, предварительные опыты подтвердили исходные принципиальные положения, заложенные в предлагаемую конструкцию РЗУ, и целесообразность его применения в водозаборных сооружениях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б и р з н я к О.А., К и п п е р Э.М. Рыбопропускные сооружения. – М., 1960. – 96 с. 2. Х и м и ц к и й К.Ф. Состояние рыбозащиты в береговых водозаборах с плоскими и ленточными сетками. – Водоснабжение и сантехника, 1971, № 10, с. 19–23. 3. Ц ы п л я е в А.С. Рыбозащитные сетчатые установки с рыбоотводом. – М., 1973, с. 32.

УДК 621.684

Э.П.КОВАЛЕНКО, канд.техн.наук (ЦНИИКИВР)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ВЕТРОВЫХ ВОЛН

Внутренние водоемы обладают большими запасами механической и потенциальной энергии в виде энергии ветровых волн.

Потенциальная энергия частицы воды в теле волны непрерывно меняется при изменении высоты, на которой находится рассматриваемая частица в тот или иной момент времени.

Осредненная потенциальная энергия всей толщи взволнованных вод, отнесенная к единице поверхности [1]

$$E_p = \frac{1}{16} g \rho h^2, \quad (1)$$

где  $E_p$  – осредненная потенциальная энергия волн;  $\rho$  – плотность воды;  $g$  – ускорение силы тяжести;  $h$  – высота системы волн.

Для использования потенциальной энергии волн предложен ряд устройств. Среди них известны объемные волновые насосы, содержащие закрепленную на опоре в водоеме рабочую камеру, надводная стенка которой связана с приводным устройством, взаимодействующим с волнами, возникающими на поверхности водоема. Недостатком таких насосов является сложность конструкции, обеспечивающей работу устройства при различных уровнях жидкости в водоеме. Однако ее можно упростить, выполнив приводное устройство в виде заполненной газом и погруженной в жидкость камеры переменного объема, одна из стенок которой связана с подвижной стенкой рабочей камеры, а другая – с опорой [2].

На рис. 1 приводится принципиальная схема такого устройства.

На опоре 1 в водоеме установлена рабочая камера 2 насоса, например, сифонного типа. Камера снабжена всасывающим 3 и напорным 4 клапанами и подающим трубопроводом (шлангом) 5. Рабочая камера 2 охвачена заполненной газом герметичной приводной камерой 6 переменного объема (возможно, также сифонного типа). Подвижные 7 и неподвижные 8 стенки рабочей и приводной камер общие. Насос устанавливается под минимально возможным уровнем жидкости в водоеме.

При периодическом изменении уровня жидкости в водоеме трансформируется давление столба жидкости. Это вызывает изменение объема приводной камеры, заполненной газом. Так, при прохождении гребня волны над насосом давление повышается и камера 6 сжимается, вызывая сжатие рабочей камеры 2 и нагнетание жидкости через клапан 4 и трубопровод 5 к потребителю. При прохождении над насосом впадины волны давление снижается и объем камер 2 и 6 за счет расширения газа увеличивается. В дальнейшем цикл повторяется. Аналогично работает насос и при других колебаниях уровня жидкости в водоеме, например в результате приливов и отливов.

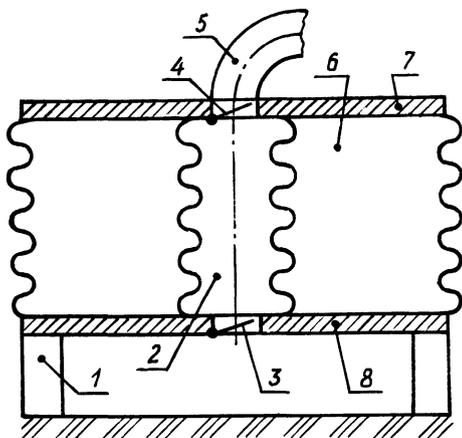


Рис. 1. Принципиальная схема объемного волнового насоса.

Действие сил давления на подвижную стенку 7 определяется соотношением

$$P\omega = P_1(\omega - \omega_0) + P_2\omega_0, \quad (2)$$

где  $\omega$  — площадь рассматриваемой стенки;  $\omega_0$  — площадь той же стенки, приходящаяся на камеру 2;  $P$  — давление воды на стенку 7 сверху на единицу площади;  $P_1$  — давление газа на стенку 7 на единицу площади;  $P_2$  — давление воды, находящейся в камере 2, на стенку 7 на единицу площади.

Соотношение (2) можно записать в виде

$$P_2 = Pn - P_1(n-1), \quad (3)$$

где  $n = \omega/\omega_0$ .

При допущении, что при этом наблюдается изотермический процесс, приближенно можно считать [4]

$$\frac{\Delta V}{V} = -\frac{\Delta P_1}{P_1}, \quad (4)$$

где  $\Delta V$  — изменение объема газа;  $V$  — средний объем газа в устройстве;  $\Delta P_1$  —

изменение давления газа;  $P_1 = (P_{1 \text{ min}} + P_{1 \text{ max}}) : 2$  – среднее давление газа в устройстве.

Нетрудно видеть, что

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta H_2}{H_2}. \quad (5)$$

Здесь  $\Delta H_2$  – изменение высоты объема газа;  $H_2$  – средняя его высота.

Давление вод на стенку 7 сверху на единицу площади можно представить в виде

$$P = P_{0 \text{ min}} + \gamma(\Delta H_2 + h_2), \quad (6)$$

где  $P_{0 \text{ min}}$  – давление воды на стенку 7 сверху на единицу площади при минимальной отметке волны;  $h_2$  – высота волны над минимальным уровнем воды;  $\gamma$  – удельный вес воды.

Подставляем значение  $\Delta H_2$  из уравнений (5) в (6) и полученное значение  $P$  из (6) в (3):

$$P_2 = [P_{0 \text{ min}} + \gamma(\frac{\Delta V}{V} H_2 + h_2)]n - P_1(n-1). \quad (7)$$

Соотношение (7) позволяет подобрать параметры устройства, обеспечивающие заданное давление  $P_2$  в камере 2 при расчетной высоте волн  $h_B$ .

Работа приводной камеры волновых объемных насосов основана на процессе сжатия–расширения газа, что приводит к уменьшению их коэффициента полезного действия.

При совмещении оси  $x$  с направлением горизонтально расположенного трубопровода уравнение движения жидкости можно записать в виде [5]

$$\frac{du_{\text{ж}}}{dt} + g \frac{u_{\text{ж}}^2}{K^2} = -\frac{1}{\rho_{\text{ж}}} \frac{\partial P_{\text{ж}}}{\partial x}, \quad (8)$$

где  $u_{\text{ж}}$  – средняя скорость потока;  $t$  – время;  $K$  – параметр, определяющий гидравлическую проводимость трубопровода.

Для газа (пренебрегая его сжатием–расширением при изменении давления) также имеем

$$\frac{du_{\Gamma}}{dt} + g \frac{u_{\Gamma}^2}{K^2} = -\frac{1}{\rho_{\Gamma}} \frac{\partial P_{\Gamma}}{\partial x}. \quad (9)$$

В случае  $\partial P_{\Gamma} / \partial x = \partial P_{\text{ж}} / \partial x$ ,

$$\left( \frac{du_{\text{ж}}}{dt} + g \frac{u_{\text{ж}}^2}{K^2} \right) / \left( \frac{du_{\Gamma}}{dt} + g \frac{u_{\Gamma}^2}{K^2} \right) = \frac{\rho_{\Gamma}}{\rho_{\text{ж}}}. \quad (10)$$

Для воды и воздуха при давлении 760 мм рт. ст.  $\rho_{\text{ж}} / \rho_{\Gamma} \approx 770$ .

Следовательно, один и тот же градиент давления вызовет в воздушной

среде скорости по крайней мере на один порядок выше, чем в воде. Тогда, если установка выполнена с последовательно расположенными насосами, то КПД ее выше КПД одиночного волнового насоса [3].

На рис. 2 изображен фронтальный вид такой установки в разрезе. Волновая насосная установка содержит насос 1 с заполненной газом и погруженной под уровень воды приводной камерой 2 переменного объема, внутри которой размещена рабочая камера 3, связанная с напорным трубопроводом 5 с помощью отверстия 4 и имеющая крышку 6 и днище 7, общие с приводной камерой 2. При выполнении установки по крайней мере с двумя последовательно расположенными насосами 1 установка должна дополнительно содержать газовод 8 и приводные камеры 2 насосов 1, последовательно соединяться с последним с помощью отверстия 9. Причем крышки 6 камер 3, снабженные клапанами 10, установлены неподвижно, а днища 7 с клапанами 11 — с возможностью вертикального перемещения.

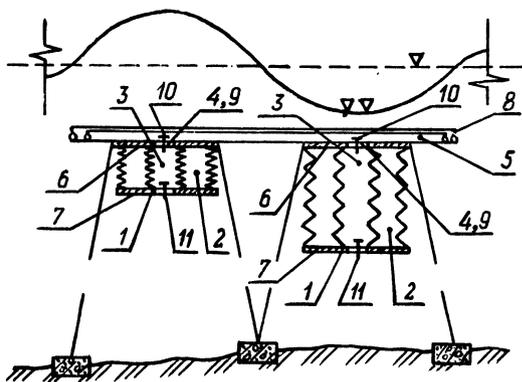


Рис. 2. Схема волновой насосной установки.

Установка работает следующим образом. При повышении уровня вод над приводной камерой 2 первого насоса 1 и уменьшении — над приводной камерой 2 второго насоса 1 давление жидкости на днище 7 первой приводной камеры увеличится, а на днище 7 второй — уменьшится. Соответственно изменится давление днищ 7 на газ, содержащийся в первой и второй приводных камерах. В результате газ через отверстие 9 выходит из первой приводной камеры 2 и проходит по газоводу 8 в отверстие 9 второй приводной камеры. При этом днище 7 первой приводной камеры поднимается, стремясь уравновесить давление в приводных камерах 2, а днище 7 второй приводной камеры — опускается. Вода из рабочей камеры 3 первого насоса вытесняется через отверстие 4 и клапан 10 в напорный трубопровод 5 и всасывается через клапан 11 в рабочую камеру 3 второго насоса из водоёма. Когда уровень воды над первым насосом 1 уменьшится, а над вторым — увеличится в результате продвижения волны, газ из второй приводной камеры через отверстие 9 по газоводу 8 поступит в первую приводную камеру. При этом из рабочей камеры 3 второго насоса вода вытесняется через отверстие 4 и клапан 10 в напорный трубопровод и всасывается в рабочую камеру 3 через клапан 11, расположенный в днище 7, из водоёма.

Поскольку насосы установки расположены над противоположными фазами волны, процесс всасывания и нагнетания насосами 1 будет производиться поочередно.

Использование описываемой конструкции позволит повысить КПД волновой насосной установки, у которой в качестве привода насоса применяется изменение давления воды при волнении моря или водохранилища.

Предлагаемые устройства позволяют более эффективно использовать потенциальную энергию ветровых волн по сравнению с существующими.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шулейкин В.В. Физика моря. — М., 1968. 2. А.с. № 505820 (СССР)/Коваленко Э.П., Бирицкий М.И. Объемный волновой насос. Оpubл. в Б.И., 1976, № 9, 3. А.с. № 779662 (СССР)/Коваленко Э.П. Волновая насосная установка. — Оpubл. в Б.И., 1980, № 32. 4. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. — М., 1963. 5. Коваленко Э.П. Исследование движения воды в открытых руслах. — Минск, 1963. — 224 с.

УДК 627.8

В.Е.ЛЕВКЕВИЧ (ЦНИИКИВР)

### РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ БЕРЕГОВ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

При назначении берегоохранных зон, в также проектировании народнохозяйственных объектов на берегах водохранилищ существенную роль играет прогноз переработки берегов [1]. Известны и в практике прогнозирования используются принципы физического [2], математического [3, 4] моделирования процесса переработки, а также различного рода статистические модели [5]. Однако предлагаемые методы и модели касались лишь крупных водохранилищ. Целью данной работы явилась попытка описания процесса переработки берегов малых водохранилищ путем моделирования, где в качестве инструмента, используемого для построений, предлагается множественный регрессионный анализ.

Ранее установлено, что абразия берегов — многофакторный процесс [1]. В общем случае выражение для определения некоторого параметра профиля переработки можно представить функциональной зависимостью

$$y_t = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (1)$$

где под  $y_t$  понимается один из следующих параметров переработки: величина отступления бровки берега ( $S_t$ ); объем переработки ( $Q_t$ ); ширина подводной части отмели ( $B_{п,t}$ ); ее уклон ( $I_{п,t}$ );  $x_i$  — характеристика фактора, способствующего переработке берега: гидрологические параметры берегового склона и др. Количество аргументов может быть более 20. На основе материалов стационарных наблюдений и рекогносцировочных исследований, а также факторного анализа нами установлено, что развитие процесса переработки в условиях малых водохранилищ происходит под воздействием значительно меньшего количества берегообразующих факторов [6].

В условиях малых водохранилищ процесс переработки определяют: гидрологические факторы (волновой и уровенный режимы), геоморфологические параметры берегового склона (высота и уклон берега, состав и неодно-