Доклады Академии Наук СССР
1947. Том LVII, № 9

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. С. СИДОРЕНКО

НОВЫЙ ВОЛНОВОЙ ДВИГАТЕЛЬ

(Представлено академиком А. В. Винтером 17 III 1947)

I. Введение

В декабре 1946 г. и в феврале 1947 г. получены интересные результаты лабораторных испытаний модели „волнотурбины" в м. 1 :50 изобретения автора. Как показано на рис. 1, модель представляет вин-

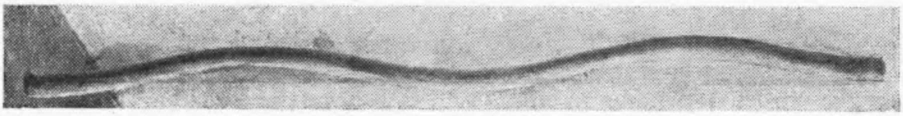

Рис. 1

товую спираль из двух циклов длиной в 2 м. Диаметр тела спирали 5,5 см; радиус спирали, описанной центром сечения тела, 3 см. Модель деревянная с объемным весом 0,45.

Расположенная на поверхности воды под углом в 48° к гребню двумерных волн, модель приходит во вращение и достигает скорости, синхронной частоте волн. Наматывая на одну из цапф, расположенных в подшипниках по концам модели, нитку, переброшенную через блок, модель поднимает за 24 сек. на высоту 1 м груз в 1722 г. При этом силы трения в подшипниках ее эквивалентны нагрузке в 823 г.

При пересчете на натуральные размеры по коэффициенту подобия Фруда получается мощность в 1115 kW.

Промышленное использование волнотурбины, например в районе Баку, для сокращения расхода жидкого топлива на собственные нужды нефтепромыслов, по мнению специалистов ВНИИГ, может иметь существенные технико-экономические преимущества в сравнении, например, с ветросиловыми установками.

II. Принцип действия „волнотурбины"

Рассматриваем элемент длины волнотурбины—поплавок—в его вращении вокруг внешнего центра—оси спирали. В момент прохождения через поплавок гребня волны он испытывает давление воды, направленное снизу вверх, а пройдя синхронно с волной 180° окружности, поплавок оказывается над впадиной волны, где давление воды отсутствует и свободно проявляется сила его тяжести, действующая вниз. Обе силы развивают относительно центра вращающие моменты, равные по знаку, и приводят связанную систему поплавков к непрерывному движению.

1. Примем следующие допущения: а) изменения поверхности воды в волновом процессе подчинены законам гармонических колебаний; б) введем понятие о величине $\pm P = \frac{\gamma U}{\pm R}\left(\frac{\text{т}}{\text{м}}\right)$, равной весу поплавка, отнесенному к половине его высоты; она выражает линейную зависимость сил реакции воды на поплавок (положительных), или сил его тяжести (отрицательных) от погружения центра поплавка, или его превышения относительно поверхности воды.

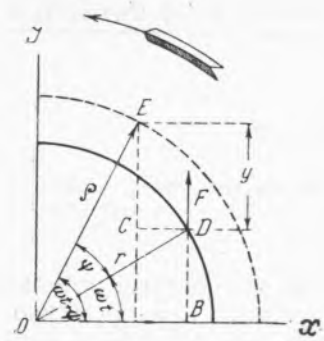

Рис. 2

2. Введем условные обозначения: P—линейный вес поплавка в т/м; U—объем поплавка в м³; γ—объемный вес поплавка в т/м³; γ_0—объемный вес воды в т м³; M—вращающий момент в т·м; ω—угловая скорость в рад./сек.; A—работа в т·м; W—мощность в kW; r—радиус вращения поплавка в м; R—радиус поплавка в м; ρ—амплитуда волны в м; t—время в сек.; F—сила в т; v—скорость распространения волны в м/сек.; l—длина волны в м; S—ширина волны в м; L—длина волнотурбины в м; C, K—коэффициенты.

3. Вывод уравнения моментов вращения. На холостом ходу радиус-вектор вращения поплавка при его синхронном движении с волной будет совпадать с вектором амплитуды волны, угол ψ будет равен нулю. Фактически, вследствие наличия сил трения, будем иметь $\psi > 0$.

После сообщения оси вращения поплавка нагрузочного, тормозного момента вектор вращения поплавка „отстанет“ от вектора амплитуды, образуя с ним постоянный, зависящий от нагрузки, угол ψ, сохраняя синхронную с волной скорость.

В векторном представлении рабочий процесс волнотурбины „с нагрузкой“ изображен на рис. 2, где точка D представляет центр тяжести поплавка.

За время t от начала отсчета вектор амплитуды волны ρ займет положение, определяемое углом $\omega t + \psi$, а радиус вращения, отставая от амплитуды на угол ψ, займет положение ωt.

Центр поплавка будет затоплен на величину y, и возникнет пропорциональная глубине затопления сила архимедова выпора F.

Эта сила, действующая на плечо OB, разовьет вращающий момент, направленный против часовой стрелки и принятый нами за положительный

$$M = OB \cdot F \text{ т}\cdot\text{м}; \tag{1}$$

здесь

$$OB = r\cos\omega t \text{ м}, \tag{2}$$

$$F = Py = P(AE - BD) = P[\rho\sin(\omega t + \psi) - r\sin\omega t] \text{ т}. \tag{3}$$

Подставляя в уравнение (1) выражение OB из уравнения (2) и выражение F из уравнения (3), получим

$$M = Pr\cos\omega t\,[\rho\sin(\omega t + \psi) - r\sin\omega t] \text{ т}\cdot\text{м}. \tag{4}$$

4. Исследование уравнения моментов. Свойства уравнения (4) выявляются при рассмотрении некоторых характерных режимов.

А. Холостой ход ($\psi=0$). Для упрощения картины физических явлений примем частный случай, когда амплитуда волны равна радиусу вращения, $\rho=r$; тогда при $\psi=0$ уравнение (4) примет вид

$$M_{\text{хол. ход}}=P r^2 \cos \omega t (\sin \omega t - \sin \omega t)=0. \tag{5}$$

Б. Заторможенный ротор ($\omega t=0$). Волнотурбина еще не приобрела вращения, $\omega=0$ и $\omega t=0$; тогда из уравнения (4)

$$M_{\text{заторм}}=Pr\rho \sin \psi \text{ т}\cdot\text{м}. \tag{6}$$

Момент, изменяясь пропорционально синусу, за период будет 4 раза изменять свой знак и величину, а среднее значение момента за период будет равно:

$$M_{\text{ср. заторм}}=Pr\rho \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin \psi d\psi=0. \tag{7}$$

Таким образом, принцип использования потенциальной составляющей энергии волнения не обеспечивает пускового момента. Возникновение пускового момента происходит от скольжения трохоидальных скоростей волны, несущих кинетическую составляющую энергии, относительно пока неподвижной волнотурбины.

В отличие от выведенного нами в уравнении (4) „синхронного момента" пусковой момент назовем „асинхронным". По данным опыта, он достигает 30% общего „индикаторного" момента.

5. Вывод уравнения мощности. Выразим амплитуду волны через радиус вращения $C=\rho/r$, тогда уравнение (4) примет вид

$$M=Pr^2 \cos \omega t \,[C \sin(\omega t+\psi)-\sin \omega t]. \tag{8}$$

Работа поплавка за период

$$A_{0-2\pi}=Pr^2 C \sin \psi \int_0^{2\pi} \cos^2 \omega t \, d\omega t+Pr^2 \left(\frac{C \cos \psi-1}{2}\right)\int_0^{2\pi} \sin 2\omega t \, d\omega t. \tag{9}$$

Второй интеграл уравнения (9) равен нулю, а первый приобретает значение энергии, развиваемой поплавком за полный период

$$A_{0-2\pi}=2\pi Pr\rho \frac{\sin\psi}{2} \text{ т}\cdot\text{м}. \tag{10}$$

Среднее значение момента за период

$$M_{\text{ср}}=Pr\rho \frac{\sin \psi}{2} \text{ т}\cdot\text{м}. \tag{11}$$

Мощность в kW равна

$$W=M_{\text{ср}}\omega=\frac{Pr\rho \sin \psi \, v \, 2\pi}{0{,}102\cdot 2l} \text{ kW}. \tag{12}$$

Производя обратное воссоединение элементов волнотурбины или поплавков, мы будем примыкать поплавок к поплавку, смещая их последовательно как в аксиальном направлении, так и по окружности. Кривая, соединяющая центры тяжести поплавков, образует винтовую спираль. Все законы, выведенные для поплавков, будут равносильны и для волнотурбины. Поэтому в выражении P мы будем рассматривать вес всей волнотурбины

$$P=\frac{\gamma U}{R}=\gamma\pi RL \text{ т/м.} \tag{13}$$

Подставляя (13) в уравнение (12) и принимая коэффициент мощности равным $\cos\varphi < 1$, для учета угла расположения волнотурбины к фронту волн φ получим:

$$W=\frac{\pi^2}{0{,}102}\frac{v}{l}\gamma LRr\rho\cos\varphi\sin\psi \text{ kW.} \tag{14}$$

Потенциальная составляющая энергии волн, проходящих через волнотурбину, равна

$$W_{\text{в}}=\frac{\rho^2}{4}\frac{v}{2}\frac{2}{0{,}102}\cos\varphi \text{ kW.} \tag{15}$$

Приравнивая (14) к (15) и решая относительно Rr при $\sin\psi=1$, найдем

$$Rr=0{,}025\rho l \text{ м}^2. \tag{16}$$

Последнее равенство служит критерием для выбора геометрических размеров волнотурбины в зависимости от параметров волн.

Поступило
17 III 1947