

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОТАРАНА КАК ИСТОЧНИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Белоус А.В., студент, Устименко Т.А., канд. техн. наук, доц.
Донецкий национальный технический университет

Исследовано устройство, принцип работы гидротарана, рассмотрена и проанализирована сущность явления гидравлического удара. Рассмотрены различные области применения гидротарана.

В настоящее время одной из проблем является стоимость энергии. Когда энергия становится слишком дорогой, ставится потребность в использовании аналоговой - энергии воды, ветра или солнечной энергии.

Несложный и остроумный механизм — гидравлический таран, не нуждаясь в источнике энергии и не имея двигателя, поднимает воду на высоту нескольких десятков метров. Он может месяцами непрерывно работать без присмотра, регулировки и обслуживания, снабжая водой небольшой поселок или ферму.

Так же гидравлический таран может использоваться и на небольших ГЭС.

В основе работы гидротарана лежит так называемый гидравлический удар - комплекс явлений, происходящих в капельной жидкости при резком уменьшении ее скорости движения, благодаря чему в жидкости возникает колебательный затухающий процесс, сопровождающийся чередующимся резким повышением и понижением давления.

Повышение давления в трубе равно:

$$\Delta p = \rho \cdot (v_0 - v_1) \cdot c$$

где Δp — увеличение давления в н/м^2 , ρ — плотность жидкости в кг/м^3 , v_0 и v_1 — средние скорости в трубопроводе до и после закрытия

Скорость распространения ударной волны в трубопроводе:

$$c = \sqrt{\frac{E_{жс}}{\rho}} / \sqrt{1 + \frac{d}{\delta} \cdot \frac{E_{жс}}{E}}$$

где d и δ — внутренний диаметр и толщина стенок трубы, E и $E_{жс}$ — модули упругости материала стенок трубы и жидкости.

Гидравлический таран состоит из водоисточника 1, питательного трубопровода 2, рабочей коробки 3 с двумя клапанами 4 и 5, водовоздушного колпака 6, нагнетательного трубопровода 7 и приемного резервуара 8 (рис.1).

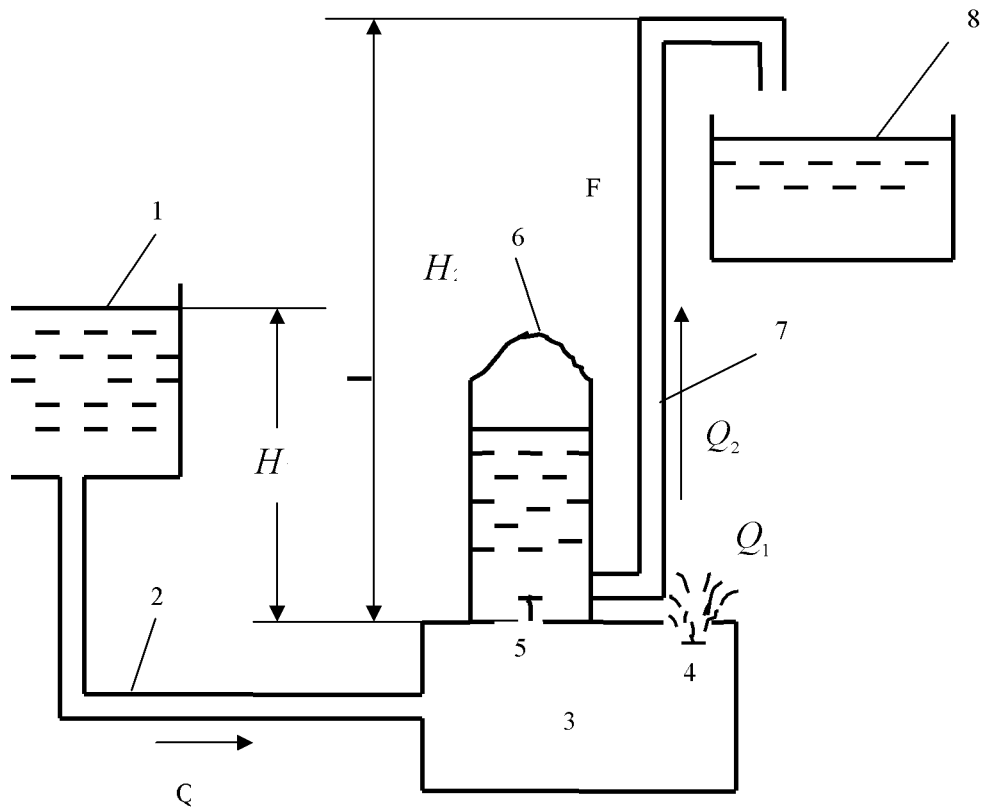


Рис.1. Схема гидротаранной установки: 1- водоисточник, 2 – питательный трубопровод, 3 – рабочая коробка, 4 – ударный клапан, 5 – нагнетательный клапан, 6 – водовоздушный колпак, 7 – нагнетательный трубопровод, 8 – приемный резервуар.

Принцип работы насоса такой. Ударный клапан 4 открывается под действием собственного веса. При его открытии жидкость из водоисточника 1 начинает поступать в питательный трубопровод 2 под напором H_1 . При его открытии через подводящий трубопровод 2 под небольшим напором H_r начинает поступать вода, которая вытекает через, открытый клапан 4. Вследствие увеличения силы воздействия вытекающей с нарастающей скоростью воды на ударный клапан он закрывается, и скорость потока в трубопроводе падает до нуля. В

связи с внезапной остановкой потока в падающем трубопроводе и рабочей коробке произойдет гидравлический удар с резким повышением давления. Под влиянием этого давления открывается нагнетательный клапан и часть воды поступит в воздушный колпак 6 сжимая имеющийся там воздух, который вытеснит часть воды в нагнетательный трубопровод 7, подняв ее на высоту H_2 в приемный резервуар 8.

После ухода части воды в воздушный колпак давление в рабочей коробке уменьшится и ударный клапан 4 под действием собственного веса откроется. При этом вода снова начнет выливаться через клапан 4, а нагнетательный клапан 5 закроется под действием силы давления воздуха в воздушном колпаке 6. Затем происходит повторение процесса: снова произойдет закрытие ударного клапана 4 и открытие нагнетательного клапана 5 и т. д. Таким образом, происходит непрерывное повторение рассмотренного процесса подачи воды. Поступающий из напорного резервуара расход воды Q затрачивается в основном на излив воды через клапан 4 и создание давления на этот клапан, при котором он закрывается. Этот первый период работы гидравлического тарана называется *разгонным периодом*. Второй период его работы называется *ударным*, когда после закрытия клапана 4 произойдет гидравлический удар и в рабочей коробке появится повышенное (ударное) давление, соответствующее напору $H > H_1$. Третий период называется *рабочим*. В течение этого периода вода из воздушного колпака будет поступать через напорный трубопровод 7 с расходом Q_2 в резервуар 8 под давлением воздуха на высоту H_2 .

Производительность гидравлического тарана можно ориентировочно оценить по таблице 1. Она связывает отношение массы воды (m), поднятой гидротараном, к массе воды (M), поступившей из водоема, и отношение высоты подъема воды h к высоте H ее падения к гидротарану.

Таблица 1

m/M	0,3	0,2	0,15	0,1	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01
h/H	2	3	4	6	8	10	12	15	18

Пусть, например, к гидравлическому тарану поступает $M = 12$ л/мин воды с высоты $H = 1,5$ метра. Посмотрим, сколько воды он сможет поднять на высоту 9 метров. Отношению $h/H = 9/1,5 = 6$ в таблице соответствует величина $h/M = 0,1$. Это значит, что гидротаран ежеминутно должен подавать на высоту 9 метров массу воды

$m = 0,1 \cdot M = 0,1 \cdot 12 = 1,2$ литра. Это немного, но за сутки автоматическое устройство накачает свыше полутора тонн воды, количество, достаточное для поливки сада или огорода немалой площади.

Напор H_1 обычно 1,5—5 м, а высота нагнетания H_2 от 15 до 40 м. При этом подача расхода $Q_2 = (0,4 \dots 0,07) Q$

Коэффициент полезного действия гидравлического тарана

$$\eta = \frac{Q_2 \cdot H_2}{Q_1 \cdot H_1}$$

Выпускаемые промышленностью гидравлические тараны могут поднимать воду на высоту до 60 м с расходом до 20—22 л/мин. Они очень просты в эксплуатации и могут непрерывно работать длительное время, снабжая водой потребителей. Известны мощные тараны, производительность которых достигает 150 л/с.

Следующей задачей будет расчет энергетических параметров гидротарана и выбор их рациональных значений.

Список источников:

1. Жуковский Н. Е., О гидравлическом ударе в водопроводных трубах.
2. В.Г.Гейер В.С. Дулин А.Н. Зоря Гидравлика и гидропривод.
3. Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах.-М.: Недра, 1975. – 296с.
4. Овсепян В.М. Гидравлический таран и таранные установки – Машиностроение, 1968. – 124с.