

М.Т. Анаев и др. // Мат-лы IX Междун. научно-практ. конф. «Устойчивое развитие горных территорий Кавказа». – М.: ИИЕТ РАН М, 2019. – Т. II. – С. 64-68.

8. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 312 с.

9. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 248 с.

10. Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей. ВСН 03-76. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 30 с.

11. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – Вып. 13. – Ч. 4. – 357 с.

Критерии авторства

Батчаев И.И., Анаев М.Т. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Батчаев И.И., Анаев М.Т. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию: 30.10.2020 г.

Одобрена после рецензирования 11.01.2021 г.

Принята к публикации 14.01.2021 г.

KBR/Gegiev K.A., Gergokova Z.Zh., Anaev M.T. i dr. – IX Mezhdunar. naucho-prakt. konf. "Ustojchivoe razvitie gornyh territorij Kavkaza". Т. II. – М.: ИИЕТ РАН М, 2019. – С. 64-68.

8. Flejshman S.M. Seli. – L.: Gidrometeoizdat, 1978. – 312 s.

9. Posobie po opredeleniyu raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 248 s.

10. Instruksiya po opredeleniyu raschetnyh harakteristik dozhdevykh selej. VSN03-76. – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 30 s.

11. Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 13, ch 4. Vlazhnost vozduha, atmosferynye osadki, snezhny pokrov. – L.: Gidrometeoizdat, 1968. – 357 s.

Criteria of authorship

Batchaev I.I., Anaev M.T. carried out practical and theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Batchaev I.I., Anaev M.T. have copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 30.10.2020

Approved after reviewing 11.01.2021

Accepted for publication 14.02.2021

Оригинальная статья

УДК 502/504: 621.227

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-1-111-119

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМАХ ВОДОПОДАЧИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТАРАНА КАК ВОДОПОДЪЕМНИКА

БЕГЛЯРОВ ДАВИД СУРЕНОВИЧ¹, д-р техн. наук, профессор

viv@rgau-msha.ru

АЛИ МУНЗЕР СУЛЕЙМАН², канд. техн. наук, доцент

munzer@yandex.ru

БАУТДИНОВ ДАМИР ТАХИРОВИЧ¹, канд. техн. наук, доцент

damir.tt1@mail.ru

ГРЕКОВ ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ², канд. техн. наук, ведущий инженер

Mc-grek@yandex.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Москва, Тимирязевская, 49. Россия

² АО «Атомэнергопроект»; 105005, Москва, Бакунинская, д. 7, стр.1. Россия

В настоящее время проблемы энергосбережения и энергоэффективности являются одними из наиболее актуальных как в Российской Федерации, так и в мировом сообществе. Не секрет что основными потребителями электроэнергии являются насосные станции. Снижение энергопотребления насосных станций является приоритетной задачей во всем мире. Использование энергоэффективных технологий и альтернативных способов подачи воды позволяют значительно экономить электроэнергию. Одним из таких способов подачи воды

является использования гидравлического тарана. Цель настоящей работы – обобщение материалов и внедрение особенностей использования гидротарана на реках в тех местах, где есть проблема энергоснабжения. Использование гидравлического тарана, в качестве водоподъемного устройства, является рациональным решением, особенно в горных районах. На основе анализа теоретической информации, результатов исследований и технических разработок ряда институтов и организаций, представлены различные таранные установки и их расчеты. Подчеркивается, что положительные стороны тарана позволяют в нынешних условиях использовать данные установки в гидротехническом и водохозяйственном строительстве без внедрения энергозатратных технологий. Гидротаранные установки функционируют в зимних условиях при температурах до -25°C . Кроме того, использование гидравлического тарана позволяет повысить безопасность систем водоподачи, продлить срок службы системы, тем самым повышая общую эффективность работы систем подачи и распределения воды. Анализ существующих уравнений позволили установить оптимальные формулы определения производительности таранов и коэффициента полезного действия установки. Данные выражения являются наиболее обоснованными и полно отражают физическую сущность процессов, возникших в гидротаранах.

Ключевые слова: гидравлический таран, питательный бассейн, питательная труба, нагнетательный трубопровод, ударный и нагнетательный клапаны, воздушный колпак, питательный напор, продолжительность цикла, производительность тарана, коэффициент полезного действия установки

Формат цитирования: Бегляров Д.С., Али М.С., Баутдинов Д.Т., Греков Д.М. Переходные процессы в системах водоподачи при использовании гидравлического тарана как водоподъемника // Природообустройство. – 2021. – № 1. – С. 111-119. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-1-111-119.

© Бегляров Д.С., Али М.С., Баутдинов Д.Т., Греков Д.М., 2021

Original article

TRANSITION PROCESSES IN WATER SUPPLY SYSTEMS WHEN USING A HYDRAULIC RAM AS A WATER LIFT

BEGLYAROV DAVID SUPENOVICH¹, doctor of technical sciences, associate professor
viv@rgau-msha.ru

ALI MUNZER SULEIMAN², candidate of technical sciences, associate professor
munzer@yandex.ru

BAUTDINOV DAMIR TAHIROVICH¹, candidate of technical sciences, associate professor
damir.tt1@mail.ru

GREKOV DMITRY MIKHAILOVICH², candidate of technical sciences, leading engineer
Mc-grek@yandex.ru

¹ Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev; 127434, Timiryazevskaya Str, 49; Moscow, Russia

² AO "Atomenergoproject", 103005, Moscow, Bakuninskaya, d. 7, str. 1, Russia

Currently, the problems of energy conservation and energy efficiency are among the most pressing both in the Russian Federation and the world community. It is no secret that the main consumers of electricity are pumping stations. Reducing the power consumption of pumping stations is a priority worldwide. The use of energy efficient technologies and alternative methods of supplying water can significantly save energy. One of these methods of water supply is the use of a hydraulic ram. The purpose of this work is to summarize materials and introduce the features of the use of hydraulic ram on rivers in those places where there is a problem of energy supply. The use of hydraulic ram as a water-lifting device is a rational solution, especially in mountainous areas. Based on the analysis of theoretical information, the results of research and technical developments of a number of institutes and organizations, various ram installations and their calculations are presented. It is emphasized that the positive aspects of the ram allow under the current conditions using these installations in hydraulic and water construction without the introduction of energy-saving technologies. Hydroramplants operate under winter conditions at temperatures up to -25°C . In addition, the use of hydraulic ram improves the safety of water supply systems,

extends the service life of the system, thereby increasing the overall efficiency of the water supply and distribution systems. The analysis of existing equations made it possible to establish optimal formulas for determining the productivity of rams and the efficiency of the plant. These expressions are the most justified ones and fully reflect the physical essence of the processes arising in hydro rams.

Keywords: hydraulic ram, feeding pool, supply pipe, pressure pipeline, impact and pressure valves, air chamber, feeding pressure, cycle duration, ram performance, plant utility factor

Format of citation: Beglyarov D.S., Ali M.S., Bautdinov D.T., Grekov D.M. Transitional processes in the systems of water supply when using hydraulic ram as a water lift // Prirodoobustrojstvo. – 2021. – № 1. – S. 111-119. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-1-111-119.

Введение. В сельском хозяйстве, особенно в горных районах, из различных устройств для подъема воды во многих случаях наиболее выгодными могут оказаться гидротаранные установки.

Гидротаран может устанавливаться на каналах, коллекторах сбросной и дренажной сетей, водохранилищах, реках и других водных источниках.

Цель работы – обобщить основные данные по таранным установкам, различные методики их проектирования и расчета, обеспечивая устойчивое функционирование гидротарана в широком диапазоне изменения рабочих напоров.

Гидравлический таран, работа которого обусловлена гидравлическим ударом [1-3], использует непосредственно энергию падающей воды без превращения ее в электрическую или в какой-либо другой вид энергии и заменяет одновременно двигатель и насос. Простота конструкции и автоматичность работы создают благоприятные условия для строительства и эксплуатации таранных установок. Помимо этого, таран имеет еще одно преимущество, заключающееся в том, что его характеристики могут изменяться в широком диапазоне. При надлежащем выборе веса ударного клапана таран может работать при любых питательных и соответствующих им нагнетательных напорах. Ограничение напора связано с условиями механической прочности. Он наиболее компактен, технологичен в изготовлении и применении с использованием стандартного металлопроката.

Изучению гидротарана посвящены научные труды Д.И. Трёмбовельского, А.Я. Калабутина, В.М. Овсепяна, А.А. Искандаряна, Г.М. Тимошенко, М.С. Харченко, В.П. Унуковича, Я.В. Бочкарева и др. [3-5].

Материалы и методы исследований.

Ниже дается описание конструкции гидравлического тарана [3, 5].

Таранная установка в общем случае включает в себя водоприемник, подводящий трубопровод или деривационный канал,

питательный бассейн или уравнивающий воздушный колпак, питательную трубу, помещение для тарана, нагнетательный трубопровод и нагнетательный бассейн. В зависимости от конкретных условий и назначения установки некоторые из названных в ней элементов могут отсутствовать. Обязательными элементами являются питательный бассейн, питательная труба и нагнетательный трубопровод.

Таран состоит из ударного клапана K_1 (рис. 1), нагнетательного клапана K_2 и воздушного колпака O [3, 6, 7].

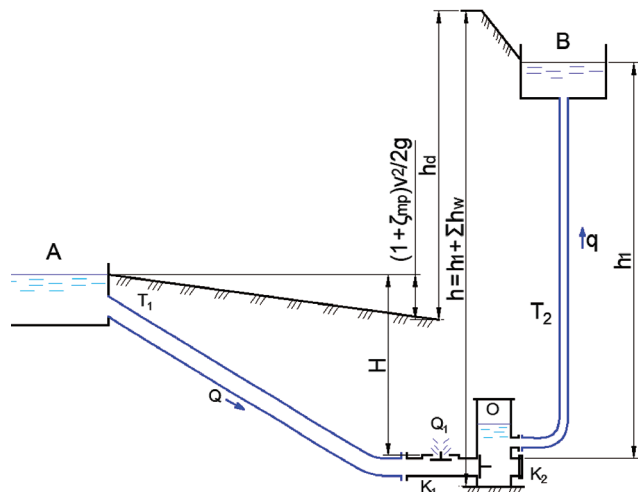


Рис. 1. Динамическая и расчетная высоты нагнетания:

- K_1 – ударный клапан;
- K_2 – нагнетательный клапан;
- O – воздушный клапан;
- A – питательный бассейн;
- B – нагнетательный бассейн;
- T_1 – питательная труба;
- T_2 – нагнетательная труба

Fig. 1. Dynamic and rated height of injection:

- K_1 – impact valve; K_2 – pressure valve;
- O – air chamber; A – feed pool; B – force pool;
- T_1 – supply pipe; T_2 – pressure pipe

Через питательную трубу T_1 таран соединяется с питательным бассейном A , через нагнетательный трубопровод T_2 – с нагнетательным бассейном B . Вода из питательного

бассейна A с так называемым питательным напором H через нагнетательный клапан поступает в воздушный колпак и по нагнетательному трубопроводу T_2 поднимается до уровня A ; создается состояние равновесия, при котором ударный клапан K_1 закрыт, а нагнетательный K_2 находится в нерабочем состоянии.

Принудительно открывается ударный клапан, и из-под него начинается истечение воды с возрастающей во времени скоростью, при которой повышается давление под клапаном. Когда сила давления на клапане превышает его вес, клапан быстро захлопывается, и истечение воды прекращается. При этом движущаяся по инерции в питательной трубе жидкость открывает нагнетательный клапан K_2 , вливается в воздушный колпак, сжимает в нем воздух и поднимается по нагнетательному трубопроводу к нагнетательному бассейну B .

Спустя некоторое время давление в питательной трубе падает, нагнетательный клапан закрывается, а ударный автоматически открывается; начинается новый цикл, протекающий также, как и первый. И так происходит последовательно: закрывается нагнетательный клапан, открывается ударный, закрывается ударный клапан, открывается нагнетательный, и вода определенными порциями подается в воздушный колпак.

Наличие воздуха в колпаке сглаживает пульсацию скорости нагнетаемой воды, и в нагнетательном трубопроводе она движется сравнительно равномерно.

Из описания работы тарана следует, что не вся вода, поступающая из питательного бассейна, подается в нагнетательный бассейн – некоторая часть ее выливается наружу из-под ударного клапана.

Обозначим полный расход воды, поступающий из питательного бассейна, через Q , а расход воды, поступающий в нагнетательный бассейн, – через q ; тогда израсходованная механическая энергия воды будет пропорциональна произведению $Q \cdot H$, а использованная энергия – $q \cdot h$ и, следовательно, энергетический КПД выразится соотношением:

$$\eta = \frac{q \cdot h}{Q \cdot H}. \quad (1)$$

Отсюда следует, что вода нагнетается выше своего начального уровня за счет энергии выливающейся воды и что для возможности работы тарана обязательно необходимо иметь некоторый перепад уровня между питательным бассейном и тараном.

Таран может работать от $0,2 m$ до весьма больших значений питательного напора; отношение напора h/H может достигать 15-20; при больших значениях этого отношения работа установки является малоэффективной.

Расход используемой воды Q регулируется изменением веса и хода ударного клапана. Для получения максимального КПД или максимальной производительности установки регулируется ход ударного и нагнетательного клапанов.

Крупным недостатком таранов является их небольшая производительность. Для увеличения производительности установки прибегают к параллельной работе нескольких таранов.

Параллельная работа таранов может осуществляться двумя способами: установлением отдельной питательной трубы для каждого тарана и присоединением таранов к одной питательной трубе. При параллельной работе в обоих способах все тараны присоединяются к общему нагнетательному трубопроводу.

Если параллельно работающие тараны имеют отдельные питательные трубы, то они работают с индивидуальными тактами, независимо один от другого. Если же они присоединены к общей питательной трубе, то независимо от ходов они все работают с одним тактом синхронно.

Из указанных способов параллельной работы таранов по экономическим соображениям предпочтение следует отдать второму способу.

Иногда отношение напоров h/H для установки получается настолько большим, что КПД сильно падает, и работа установки оказывается неэффективной. В этом случае используется двухступенчатое нагнетание (рис. 2). Первый таран, используя весь питательный напор, нагнетание производит не на всю высоту, а на некоторую ее часть. Вторым тараном, установленным на уровне первого, питается нагнетательным расходом первого тарана и нагнетание производит на всю высоту. Таким образом, оба тарана работают при сравнительно небольшом отношении напоров.

Когда высота нагнетания меньше двукратного питательного напора, прибегают к двухступенчатому питанию. При этом первый таран использует некоторую часть питательного напора, остальную часть использует второй таран, питающийся водой, сбрасываемой первым. Оба тарана присоединяются к общему нагнетательному трубопроводу.

Движение жидкости в подводящем трубопроводе и в питательной трубе имеет неустановившийся характер, поэтому для получения представления об истинной

картине явлений, происходящих в таранной установке, и для ознакомления с теорией таранных установок следует сначала коротко ознакомиться с основами теории неустановившегося движения жидкости в трубах [7].

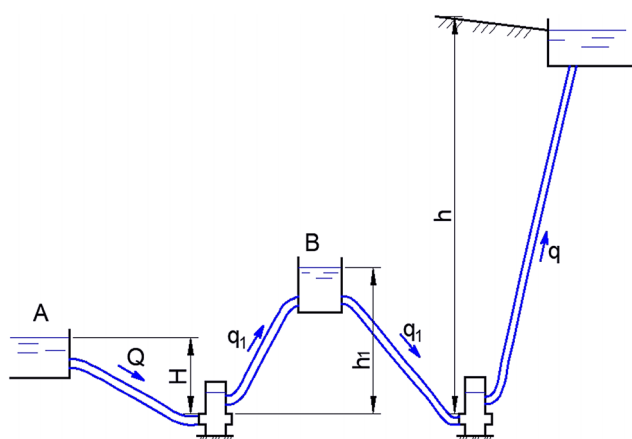


Рис. 2. Схема двухступенчатого нагнетания
Fig. 2. Scheme of two-stage injection

Результаты и обсуждение. Для получения надежных расчетных соотношений важное значение имеет правильная оценка явлений, происходящих в отдельные периоды работы тарана, и определения продолжительности этих периодов. К этому вопросу авторы имеют различные подходы. Так, С.Д. Чистопольский полный цикл работы тарана подразделяет на два периода: период разгона и период нагнетания. А.И. Лаврентьев, Ю.Д. Соколов, А.Д. Кобылянский, А.А. Искандарян и другие исследователи полный цикл рассматривают как сумму трех периодов: разгона, нагнетания и отражения [3]. Бержерон, Рено и другие авторы, учитывая инерцию клапанов, полный цикл подразделяют на четыре периода.

Для получения достаточной точности расчетных соотношений можно исходить из предположения того, что процесс открытия и закрытия клапанов происходит мгновенно.

Полный цикл работы тарана В.М. Овсепян [3] предлагает рассматривать как состоящий из трех периодов: разгона, нагнетания и отражения (рис. 3а, б, в).

Период разгона начинается открытием ударного клапана, при котором происходит разгон жидкости в питательной трубе. В течение всего периода разгона происходит возрастание скорости и сбрасывание воды наружу.

Продолжительность периода разгона, обозначаемая t , для данной установки теоретически можно иметь в пределах $0 < t < \infty$.

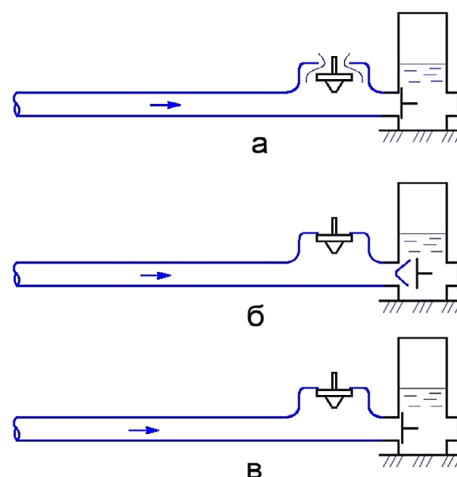


Рис. 3. Периоды одного полного цикла работы тарана:

а – разгон; б – нагнетание; в – отражение

Fig. 3. Periods of one complete cycle of the ram operation:

a – speeding-up, b – injecting, c – rejection

Эффективность работы установки определяется продолжительностью периода разгона, которая в расчетных соотношениях выражается через коэффициент разгона k , значения которого колеблются в пределах $0 < k < 1$.

Значение продолжительности периода разгона данной установки, соответствующее данному весу ударного клапана, можно определить по формуле:

$$t = \frac{l}{H} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot G}{\gamma \cdot g \cdot \zeta_{\text{кл}} \cdot \omega}}, \quad (2)$$

где l – длина питательной трубы; H – расчетный питательный напор; G – вес ударного клапана; γ – удельный вес воды; g – ускорение свободного падения; $\zeta_{\text{кл}}$ – коэффициент сопротивления ударного клапана; ω – площадь выходного отверстия ударного узла.

Из формулы следует, что как увеличение веса, так и увеличение хода ударного клапана приводят к увеличению продолжительности периода разгона. Кроме того, на продолжительность периода разгона оказывает влияние длина питательной трубы l и питательного напора H , что является весьма важным при проектировании установки.

Для практических расчетов таранных установок важное значение имеет точный учет фактического повышения давления, необходимого для осуществления процесса нагнетания. Используя уравнения неустановившегося движения для сечений питательного бассейна и таранного узла до нагнетательного клапана, получаем

выражение для определения динамической высоты нагнетания [7, 9]:

$$h_g = h - H + \left(1 + \zeta_{\text{тр}}\right) \frac{v^2}{2g}, \quad (3)$$

где h – расчетный нагнетательный напор

$$h = h_1 + \sum h_w;$$

h_w – потери энергии единицы веса жидкости между двумя сечениями.

Динамический нагнетательный напор h_g является фактической разностью напоров до и после нагнетательного клапана в начале процесса нагнетания.

Волновое изменение скорости u , необходимое для процесса нагнетания, определяется по формуле [6, 9]:

$$u = \frac{g \cdot h_g}{a}, \quad (4)$$

где a – скорость распространения ударной волны.

Согласно теории, разработанной Н.Е. Жуковским [8, 10], скорость распространения волны гидравлического удара выражается формулой:

$$a = \frac{a_0}{\sqrt{1 + \frac{d}{\delta} \cdot \frac{E_0}{E}}}, \quad (5)$$

где a_0 – скорость распространения звуковых волн в неограниченной жидкой среде; $a_0 = 1425$ м/с; d – внутренний диаметр трубопровода; δ – толщина стенок трубопровода; E_0 – объемный модуль упругости жидкости; E – модуль упругости материала стенок трубопровода.

Период нагнетания начинается с момента закрытия ударного клапана (открытия нагнетательного клапана), заканчивается закрытием нагнетательного клапана и может состоять из одной или нескольких фаз в зависимости от отношений u/v . Число фаз нагнетания n может быть определено из неравенства:

$$n \leq \frac{v + 1}{2u}.$$

Полную продолжительность периода нагнетания можно выразить соотношением:

$$t_n = (2nl)/a.$$

Период отражения – это период от момента закрытия нагнетательного клапана до открытия ударного клапана, при котором не происходит ни разгона, ни нагнетания.

В последней n -й фазе периода нагнетания скорость в питательной трубе направлена в сторону тарана и имеет некоторую величину $0 \leq v_n \leq 2u$.

Рассмотрим все характерные случаи.

1. Если $v_n = 0$, то движение будет направлено в сторону бассейна, и когда волна дойдет до тарана, то вся жидкость в питательной трубе будет двигаться в сторону бассейна со скоростью u , а давление будет равно питательному напору H . В этом случае закрытие нагнетательного и открытие ударного клапанов происходят одновременно и продолжительность периода отражения равна нулю.

2. Если $0 < v_n \leq \frac{gH}{a}$, то движение опять будет направлено в сторону бассейна, и когда волна дойдет до тарана, вся жидкость в питательной трубе будет двигаться в сторону бассейна со скоростью $u - v_n$.

В этом случае закрытие нагнетательного и открытие ударного клапанов также происходят одновременно и продолжительность периода отражения равна нулю.

3. Если $\frac{gH}{a} < v_n \leq u$, то движение опять будет направлено в сторону бассейна. Скорость движения будет $u - v_n$. Если допустить, что нагнетательный клапан закрывается медленно, то ударный клапан автоматически не должен открываться.

4. Если $u < v_n \leq u + \frac{gH}{a}$, то в отличие от предыдущих случаев движение уже будет направлено в сторону тарана со скоростью $v_n - u$. Таким образом, при отсутствии вакуума ударный клапан автоматически не открывается.

Приведенный выше анализ показал, что период отражения при работе гидротаранной установки не является обязательным. Его наличие зависит от соотношений величин v и u . Но когда этот период существует, то его продолжительность составляет $t_0 = (2l)/a$.

Автоматическая работа тарана может нарушиться в двух случаях: когда $h_g < 2H$ и когда $\frac{g \cdot H}{a} < v_n \leq u + \frac{gH}{a}$.

Первый случай связан с параметрами установки, и его можно устранить ее правильным проектированием. Опыт показывает, что, действительно, тараны устойчиво работают при отношениях напоров $h/H > 2$.

Второй случай связан с величиной скорости v в конце периода разгона, то есть с регулированием работы установки.

На рисунке 4 представлен график рабочего процесса тарана, составленный

на основе натурных исследований, при опоре на явление гидравлического удара [3].

Для устойчивой работы тарана необходимо, чтобы в период отражения образовался значительный вакуум. Вакуум необходим и для обеспечения нормального снабжения воздухом колпака.

Из описания процесса работы тарана следует, что продолжительность полного цикла выразится соотношением [3, 5]:

$$T = t + t_n + t_{отр},$$

$$\text{или } T = \tau \cdot \frac{H}{h_g} \left[\frac{h}{H} \cdot \frac{t}{\tau} + 2k - (1 - 0.7k^2) \cdot \frac{t}{\tau} + 6 \cdot \frac{u}{v_c} \right], \quad (6)$$

где v_c – установившаяся скорость в питательной трубе

$$v_c = \sqrt{\frac{2gH}{1 + \zeta_c}};$$

ζ_c – суммарный коэффициент гидравлических сопротивлений

$$\zeta_c = \sum \zeta + \lambda \cdot \frac{l}{d};$$

l – расстояние между изучаемыми сечениями; λ – коэффициент Дарси; d – внутренний диаметр трубопровода

$$t/\tau = \ln((1+k)/(1-k));$$

$$\tau = \frac{l}{\sqrt{2gH \cdot (1 + \zeta_c)}};$$

$$\tau = \frac{l_{пр}}{v_c (1 + \zeta_c)}.$$

Для данной конкретной установки все величины, входящие в последнее уравнение, кроме k , известны. Значит, продолжительность полного периода T для конкретной установки зависит от коэффициента разгона k .

Для определения среднего по времени расхода Q_1 жидкости, выливающейся из тарана, можно использовать выражение:

$$Q_1 = \frac{k_1 \cdot \omega \cdot v_c \cdot \tau}{T} \quad (7)$$

где $k_1 = \ln(1/(1-k^2))$.

Под производительностью тарана понимают осредненный по времени расход q воды, подаваемый в нагнетаемый трубопровод, который определяется по зависимости:

$$q = \frac{\omega \cdot l}{2gh_g T} \cdot (k^2 v_c^2 - u^2). \quad (8)$$

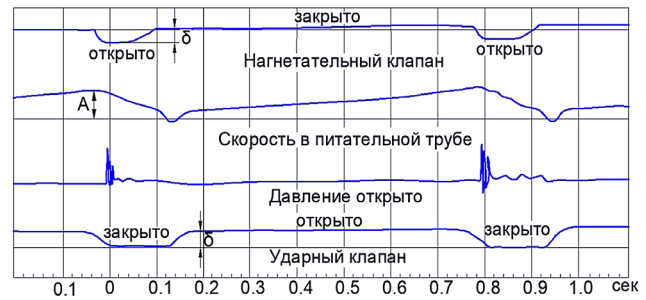


Рис. 4. График рабочего процесса тарана
Fig. 4. Graph of the ram operating process

Под энергетическим КПД таранной установки понимают отношение использованной энергии воды к затраченной. Отметим, что КПД таранной установки больше зависит от длины питательной трубы и режима работы, чем от конструкции самого тарана. Поэтому при определении КПД обычно не учитывают влияние подводящего трубопровода до питательного бассейна нагнетательного трубопровода, а рассматривают таран вместе с питательной трубой.

Таким образом, КПД таранной установки выразится формулой:

$$\eta = \frac{q \cdot h}{Q \cdot H}, \quad (9)$$

где h – расчетный нагнетательный напор, равный $h = h_1 + h_w$; Q – полный питательный расход $Q = Q_1 + q$.

Не останавливаясь на доказательстве, можно указать, что когда $u/v_c \rightarrow 1$, то КПД = 0; при $k = \text{КПД} \rightarrow 0$; наибольший КПД ($\eta \rightarrow 1$) получится, когда $k \rightarrow 0$ и $u/v_c \rightarrow 0$.

Для таранной установки возможны два эффективных режима работы:

- режим работы для получения максимальной производительности;
- режим работы для получения максимального КПД.

Практические условия часто не позволяют строго придерживаться одного из этих двух режимов, и установки могут работать в некотором среднем свободном режиме.

Принципы проектирования и последовательность расчета установки рассмотрены в работах В.М. Овсепяна [3], Г.В. Рогозина и Г.П. Фроловой [5].

Важнейшими проектными данными при проектировании гидротаранной установки являются возможный питательный напор h_1 , питательный расход Q и необходимый нагнетательный расход q [3, 5].

Исходя из рельефа местности и экономических соображений, определяют место установки тарана.

Отметим, что в зависимости от местных условий и назначения таран можно оставлять под открытым небом. Поскольку тараны, предназначенные для орошения, в зимний период не работают, то опасность их замерзания исключена.

Таранные установки, работающие на водоснабжении, необходимо устанавливать в соответствующих помещениях [3, 11]. Размеры помещения для тарана должны быть такими, чтобы в нем можно было свободно разместить все оборудование, включая дополнительные воздушные колпаки и инструмент.

Расстояние между осями таранов диаметром до 150 мм должно составлять 1,25-1,5 м. Высоту помещения достаточно взять равной 2,2-2,5 м, если высота воздушного колпака не вызывает необходимости ее увеличения. При этом высота помещения должна быть на 0,3-0,5 м больше высоты колпака.

В помещении строят бетонные фундаменты для таранов, горизонтальные размеры которых в плоскости определяют по габаритам тарана, а глубину – в зависимости от нагнетательного напора. При больших нагнетательных напорах увеличиваются вибрации тарана при работе, в результате

чего возникают усилия, разрушающие фундамент. В этих условиях высоту последнего значительно увеличивают, а иногда и армируют фундамент. С учетом этих соображений высоту фундамента составляют пределы 0,3-1,0 м.

Выводы

Основные выводы могут быть сформулированы следующим образом.

1. Выполненные авторами обзорно-аналитические исследования позволили обобщить опыт эксплуатации таранов как водоподъемников, в которых двигатель и насос объединены в одном агрегате, и допустить возможность выбора и использования различных конструкций для напорных систем водоподдачи с различными параметрами.

2. Выбранная модель гидротарана позволит повысить безопасность систем водоподдачи, продлить срок службы и обеспечить плановую работу по замене изношенных трубопроводов и оборудования.

3. Анализ существующих уравнений и формул позволил установить и определить производительность и коэффициент полезного действия таранов.

References

Библиографический список

1. **Кривченко Г.И., Аршеневский Н.Н., Квятковская Е.В.** Гидромеханические переходные процессы в гидроэнергетических установках. – М.: Энергия, 1975. – 368 с.

2. **Картвелишвили Л.Н.** Гидравлический удар: основные положения и современное состояние теории // Гидротехническое строительство. – 1994. – № 9. – С. 49-54.

3. **Овсепян В.М.** Гидравлический таран и таранные установки. – М.: Машиностроение, 1998. – 124 с.

4. **Погосян М.Г.** Расчет водопроводной сети в условиях горного рельефа. – Ереван: Лунс, 1980. – 178 с.

5. **Фролова Г.П., Рогозин Г.В.** Методические указания к практическим занятиям на тему «Расчет параметров гидравлического тарана». – Бишкек: КРСУ, 2015. – 35 с.

6. **Али М.С., Бегляр Д.С., Чебаевский В.Ф.** Насосы и насосные станции: Учебник. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 329 с.

7. **Штеренлихт Д.В.** Гидравлика: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС; Йошкар-Ола: ГУП РМЭ Марийский ПИК, 2004. – 655 с.

8. **Жуковский Н.Е.** О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. – М.: Гостехиздат, 1949. – 103 с.

1. **Krivchenko G.I., Arshenevsky N.N. Kvyatkovskaya E.V.** Gidromekhanicheskie perehody protsessov v gidroenergeticheskikh ustanovkakh. – M.: Energiya, 1975. – 368 s.

2. **Kartelishvili L.N.** Gidravlichesky udar: osnovnye polozheniya i sovremennoe sostoyanie teorii // Gidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 1994. – № 9. – S. 49-54.

3. **Ovsepyan V.M.** Gidravlichesky ram i ramnye ustanovki. – M.: Mashinostroyeniye, 1998. – 124 s.

4. **Pogosyan M.G.** Raschet vodoprovodnoy seti v usloviyah gornogo reljefa. – Erevan: Luns, 1980-178 s.

5. **Frolova G.P., Rogozin G.V.** Metodicheskie ukazaniya k prakticheskim zanyatiyam na temu: Raschet parametrov gidravlicheskogo rama. – Bishkek: KRSU, 2015-35 s.

6. **Ali M.S., Beglyarov D.S., Chebaevsky V.F.** Nasosy i nasosnye stantsii: uchebnyk. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2015. – 329 s.

7. **Shterenliht D.V.** Gidravlika: uchebnyk / 3-e izd., pererab. i dop. – M.: KolosS, Ioshkar-Ola: GUP RME Marijsky PIK, 2004. – 655 s.

8. **Zhukovsky N.E.** O gidravlicheskom udare v vodoprovodnyh trubah. – M.: Gostehizdat, 1949-103 s.

9. Гидравлические расчеты: справочник / Под ред. П.Г. Киселева. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.

10. **Алышев В.М., Зубкова Н.Г.** Анализ формул для определения скорости распространения волны мгновенного гидравлического удара в двухфазном газо-жидкостном потоке // Вопросы гидравлики: Сб. научных трудов. – М.: МГМИ, 1969. – С. 245-268.

11. **Али М.С., Бегляров Д.С.** Исследования переходных процессов в напорных коммуникациях насосных станций с осевыми насосами при пуске агрегатов // Природообустройство. – 2015. – № 3. – С. 74-78.

Критерии авторства

Бегляров Д.С., Али М.С., Баутдинов Д.Т., Греков Д.М. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Бегляров Д.С., Али М.С., Баутдинов Д.Т., Греков Д.М. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию: 14.12.2020 г.

Одобрена после рецензирования 11.01.2021 г.

Принята к публикации 14.01.2021 г.

9. Gidravlicheskie raschety: spravochnik / Pod red. P.G. Kisileva – M.: Energiya, 1972-312 s.

10. **Alshev V.M., Zubkova N.G.** Analiz formul dlya opredeleniya skorosti rasprostraneniya volny mgnovennogo gidravlicheskogo udara v dvuhfaznom gazo-zhidkostnom potoke. // Voprosy gidravliki: Sb. nauch. tr. – M.: MGMI, 1969 – S. 245-268;

11. **Ali M.S., Beglyarov D.S.** Issledovaniya perehodnyh protsessov v napornyh kommunikatsiyah nasosnyh stantsij s osevyimi nasosami pri puske agregatov // Prirodoobustroystvo. – 2015. – № 3. – S. 74-78.

Criteria of authorship

Beglyarov D.S., Ali M.S., Bautdinov D.T., Grekov D.M. performed theoretical studies, on the basis of which they conducted a generalization and wrote the manuscript. Beglyarov D.S., Ali M.S., Bautdinov D.T., Grekov D.M. have copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest

The article was submitted to the editorial office 14.12.2020

Approved after reviewing 11.01.2021

Accepted for publication 14.01.2021

Оригинальная статья

УДК 502/504: 55.551.5:556

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-1-119-125

СЕЛЕОПАСНЫЕ УЧАСТКИ СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ВЕРХНЕ-ЧЕГЕМСКОЕ (БАССЕЙН РЕКИ ЧЕГЕМ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАВКАЗ)

ШЕРХОВ АНДЗОР ХАМИДБИЕВИЧ[✉], канд. физико-математических наук, заведующий лабораторией геоэкологического мониторинга
fff.ddd.11@mail.ru

ГЕРГОКОВА ЗАЙНА ЖАМАЛОВНА, научный сотрудник
zauna.gerg@mail.ru

Высокогорный геофизический институт; 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 2. Россия

Изменения в результате потепления климата, гляциальной обстановки в верховьях селеносных рек, протекающих по территории горных сельских поселений, способствуют увеличению факторов селевого риска. Сложившаяся ситуация требует пересмотра вопросов обеспечения безопасности территорий горных поселений и объектов инфраструктуры. Важным аспектом решения данной задачи является определение участков селитебных территорий, находящихся под угрозой возможного негативного воздействия опасных склоновых и русловых процессов. Целью исследования явилось установление зон возможного поражения селевыми выносами территории двух горных населенных пунктов Чегемского района Кабардино-Балкарии. Зоны возможного поражения определялись на основе анализа предыдущих селепроявлений путем сопоставления расчетных критических объемов селевых выносов с морфометрическими параметрами рельефа территории, прилегающей