

УДК 621. 221. 214 (575.2)(04)

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ “ГИДРОТАРАН”, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ КИНЕТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ ПОТОКА

Г.В. Рогозин

Приведено описание насосной установки “Гидротаран”, функционирующей на Аламединском подпитывающем канале-быстротоке (АПК). Приведены результаты исследований скоростных характеристик потока в АПК, диапазоны работоспособности гидротарана, частота циклов ударного клапана, производительность и показатели эксплуатационной надежности от воздействия влекомых и взвешенных наносов, наростов зеленых водорослей.

Ключевые слова: насос; исследование; скорость; напор; гидроудар; производительность.

В последние десятилетия в Кыргызстане и других странах Центральной Азии стал проявляться все больший интерес к использованию энергии воды. В частности, вместо традиционных насосных установок с дизельными или электрическими двигателями, все чаще используются гидроэнергетические установки, использующие эффект гидравлического удара в трубах [1–3]. Автором статьи на протяжении более чем 30 лет гидронасосы различной модификации внедрены на оросительных системах всех областей Кыргызстана, а также в Казахстане, Таджикистане, Узбекистане и Турции [4]. Гидронасосы устойчивы к воздействию влекомых и взвешенных насосов, способны функционировать при высоких колебаниях уровней, когда потенциальная энергия создается плотиной. Однако функционирование с использованием скоростного напора потока, т.е. кинетической энергии, изучено сравнительно мало.

Для выполнения натуральных исследований была выбрана территория парковой зоны факультета Архитектуры, дизайна и строительства (АДиС) КРСУ. Для подачи воды на этот участок на Аламединском подпитывающем канале-быстротоке, ниже пересечения с каналом ВБЧК была установлена насосная установка “Гидротаран”, использующая кинетическую энергию потока воды (рис. 1).

Конструкция содержит корпус 1 с ресивером 2, внутри которого находятся ударный и нагнетательный клапаны. Корпус 1 закреплен на фланцевом соединении с металлической трубой 3 с условным диаметром 200 мм, длиной 9,1 м,

шарнирно и стационарно по высоте 0,8 м закрепленной на металлических устоях швеллера 4, содержащего решетчатую корзину для обслуживающего персонала. Противоположный (передний) конец трубы представляет собой скошенный под углом 30° и погруженный в воду решетчатый оголовок с серьгой для крепления троса 5. Над оголовком на аналогичных металлических устоях закреплена лебедка 6, служащая для поднятия и опускания оголовка трубы. Металлические устои забетонированы в правый берег Аламединского подпитывающего канала (АПК). От ресивера 2 отходит нагнетательный трубопровод 7 диаметром 90 мм, длиной 16 м, уложенный в грунт под дорогой. Концевой оголовок трубопровода выходит в русло участкового распределителя парковой зоны территории факультета АДиС. Геодезическая высота подъема воды от дна АПК составляет 1,85 м.

Учитывая дополнительные гидравлические сопротивления на магистральной и распределительной сети системы дождевания, которую создали в парковой зоне, для самого удаленного гидранта 160 м максимально требуемый напор составляет $H_{\max}=10$ м. Такой напор невозможно обеспечить простым использованием кинетической энергии в данном створе, так как средний скоростной напор здесь равен $hV=2,02$ м.

Работа насосной установки “Гидротаран” обусловлена воздействием движущегося потока воды на ударный клапан, который входит в циклический режим соприкосновения с опорным седлом, создавая гидравлический удар в трубе и повышая кратковременно давление в ней в де-

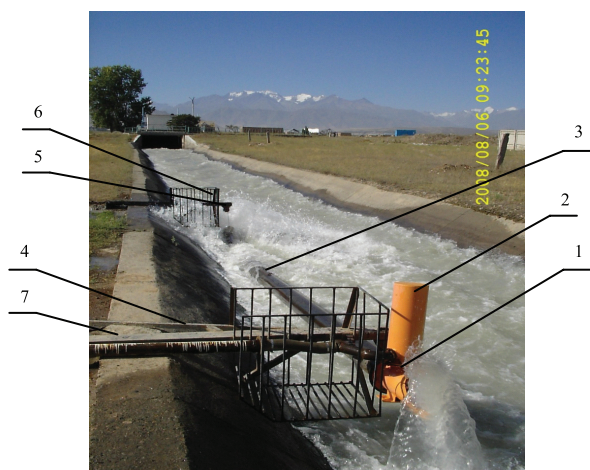


Рис. 1. Насосная установка “Гидротаран” ГТ-200 на канале-быстротоке

сятки раз. Нагнетательный клапан воспринимает эти импульсы, благодаря воздушной подушке в ресивере, и порциями подает воду наверх по трубопроводу 7 в участковый распределитель.

Рядом с объектом, ниже по течению на расстоянии 15 м расположен гидрометрический пост.

Задачами натурных гидравлических исследований были:

- изучение скоростных характеристик потока воды в канале при различных уровнях $V=f(h)$;
- определение диапазона работоспособности гидротарана;
- изучение частоты циклов ударного клапана;
- определение производительности гидротарана в зависимости от бытовой глубины $q=f(h)$;
- изучение показателей эксплуатационной надежности.

Параметры канала АПК: уклон дна канала $i = 0,0258$; ширина по дну $b = 2,8$ м; заложение откосов $m = 1,25$; строительная высота канала $h_{стр.} = 1,25$ м.

Проведены гидравлические расчеты скоростных характеристик потока в канале [5].

Площадь поперечного живого сечения потока ω , среднюю скорость V и скоростной напор hV определяли по формулам

$$\omega = (b + m h) h, \text{ м}^2, \quad (1)$$

$$V = Q / \omega, \text{ м/с}, \quad (2)$$

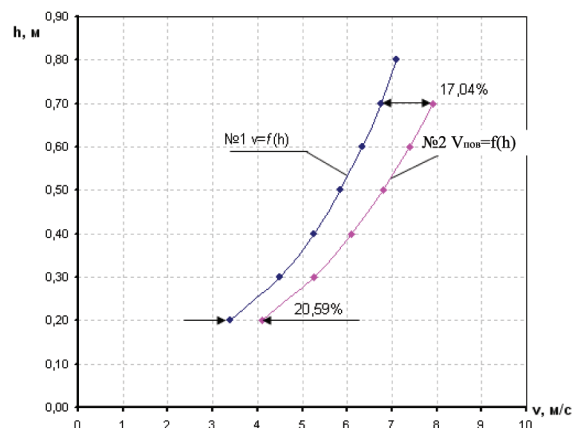


Рис. 2. Расчетная осредненная (v) и экспериментальная поверхностная ($v_{пов}$) зависимости скорости потока воды в канале от бытовой глубины $v=f(h)$

$$hV = \alpha V^2 / 2g, \text{ м}, \quad (3)$$

где $\alpha = 1,1$, коэффициент кинетической энергии; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Задавшись значениями бытовой глубины в диапазоне от 0,2 до 0,8 м, характерной для вегетационного периода, были проведены расчеты и построен график $V=f(h)$ представленный на рис. 2 линией № 1.

Для сравнительного анализа в вегетационный период 2008–2009 гг. проводились измерения скорости на поверхности потока. Измерения местных скоростей с помощью гидрометрической вертушки провести было невозможно из-за ограниченности ее верхнего предела скоростей – 3,5 м/с. Поэтому поверхностная скорость $V_{пов}$ определялась поплавковым методом по известной методике.

Замеры поверхностной скорости воды проводились при разных горизонтах воды в канале, которые в вегетационный период меняются довольно часто. Данные опытов представлены кривой 2 графика $V_{пов}=f(h)$ на рис. 2.

Эта кривая имеет параболическую форму и расположена справа от расчетной кривой $V=f(h)$, что вполне логично, так как на поверхности потока скорость всегда выше средних скоростей.

Разница средних и поверхностных скоростей наполнения канала от 0,2 до 0,7 м составляет в абсолютных величинах $\Delta V = 0,7 \div 1,15 \text{ м}^3/\text{с}$.

В процентном отношении разница скоростей определялась как отношение абсолютной разницы к расчетной средней скорости, т. е.

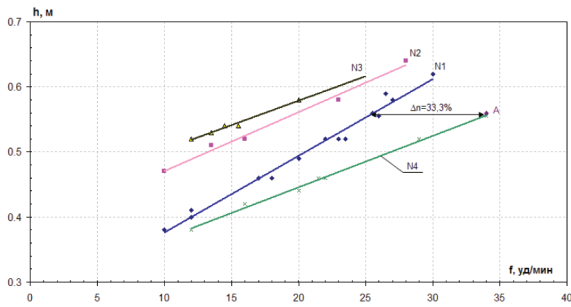


Рис. 3. Зависимость частоты циклов ударного клапана (f , уд/мин) от бытовой глубины воды в канале (h , м), т.е. $f=f(h)$: № 1 – при массе клапана $G=3,87$ кг и длине настроечного стержня 70 мм; № 2 – то же при длине настроечного стержня 64,5 мм; № 3 – при массе клапана 3,99 кг и длине настроечного стержня 64,5 мм; № 4 – при массе клапана 3,87 кг и длине стержня 70 мм и фонтана

$$\Delta V\% = (\Delta V/V)100\%. \quad (4)$$

Для конкретного объекта относительная разность скоростей составила $\Delta V\% = 17,04 \div 20,59\%$.

Оголовок стальной трубы гидротарана в основном рабочем режиме находится на дне канала и поэтому скорость входящего в него потока воды меньше поверхностной скорости и вероятно ниже средней скорости.

Чтобы подтвердить это проводили опыты путем поднятия оголовка ударной трубы на поверхность потока с таким расчетом, чтобы оголовки трубы работал полным сечением. Частота циклов ударного клапана и производительность гидротарана при этом увеличились. Они зависят от следующих воздействующих факторов: массы ударного клапана G_k ; действующего рабочего напора h_0 ; фонтанирования потока при налипании мусора на трос; высоты расположения впускного оголовка над дном.

При настроечных запусках гидротарана масса ударного клапана составила $G_k=3,87$ кг. Для лучшего срабатывания в центре клапана снизу закреплен стержень длиной 70 мм. Запуск гидротарана в работу был начат в конце июля 2008 года. Бытовая глубина в канале-быстротоке составляла $h = 0,52$ м, средняя скорость $V=5,9$ м/с, частота ударов $f = 23$ уд/мин, производительность $q=1,85$ л/с. В последующие дни бытовая глубина менялась, и зависимость $f=f(h)$ пред-

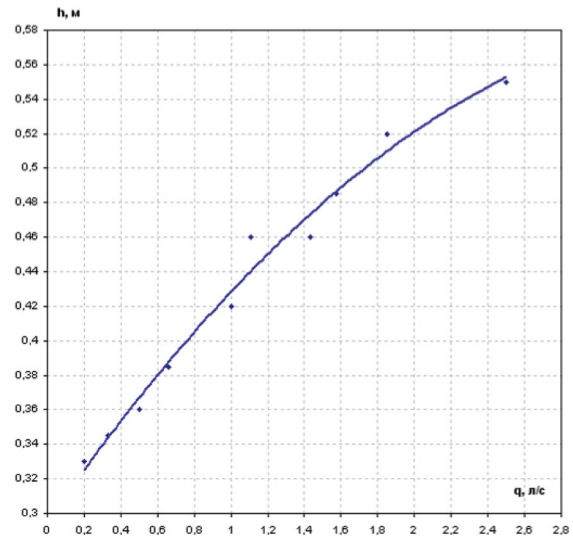


Рис. 4. Зависимость расхода поднятой гидротараном воды от бытовой глубины канала-быстротока $q=f(h)$

ставлена графиком 1 на рис. 3. При бытовой глубине воды в канале $h = 0,56$ м оголовки ударной трубы был приподнят на 0,33 м с целью забора поверхностного слоя скоростного потока воды. При этом на оголовке образовался фонтан, частота ударов увеличилась до $f = 34$ уд/мин т. е. на 33,3 %, а производительность увеличилась до $q = 2,77$ л/с (точка А на рис. 3).

В этом положении наблюдалась периодическая остановка ударного клапана. Причина – отсутствие противодействия в ресивере, так как наблюдался выход воды самотеком из нагнетательного трубопровода расходом $q=0,4$ л/с при не действующем гидротаране и закрытом ударном клапане. В связи с этим оголовки ударной трубы был опущен на дно, фонтан исчез, самотек из нагнетательного трубопровода прекратился, гидротаран включился в работу.

В ударную трубу попадали песок и мелкий гравий. Оседание наносов в подклапанном пространстве вело также к увеличению частоты циклов ударного клапана. Поэтому он был перенастроен таким образом, чтобы регулировочный стержень выступал снизу клапана на 64,5 мм. Зависимость $f=f(h)$ в новом настроечном положении представлена графиком 2 на рис. 3. Этот график расположен слева от графика 1, что означает снижение частоты циклов клапана. Кроме того, была изменена масса ударного клапана путем замены пригрузочной пластины на концевой

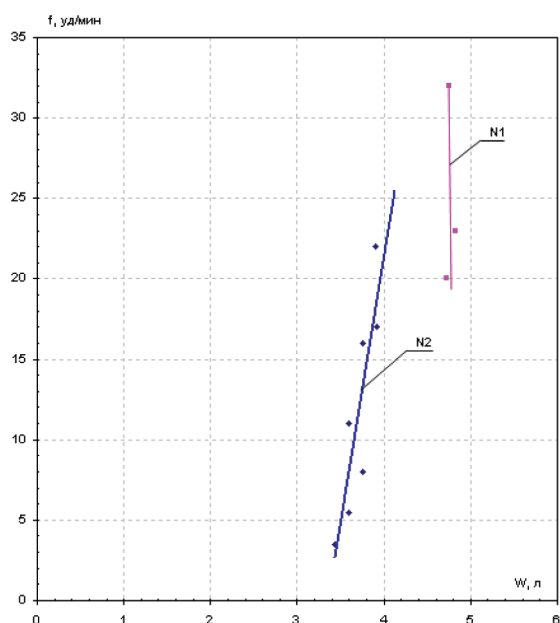


Рис. 5. Зависимость объема поднятой воды за 1 гидроудар от частоты вибраций ударного клапана $W=f(f)$: № 1 – при массе клапана $G=3,87$ кг и положении регулировочного стержня 70 мм; № 2 – при той же массе клапана с удлиненными болтами на конце



Рис. 6. Выход поднятой воды гидротараном на высоту 1,85 м в участковый распределитель парковой зоны факультета АДис КРСУ

части на 0,12 кг больше. При этом масса клапана составила $G_k=3,99$ кг. Зависимость $f=f(h)$ в этом положении клапана представлена графиком 3 на

рис. 3. Снижение частоты циклов обусловило повышение силы гидроудара и выброс наносов из-под клапанного пространства. Фонтанирование потока из-за налипания плавника на тресе, расположенном сразу после оголовка ударной трубы, способствовало увеличению частоты циклов ударного клапана.

Производительность гидротарана определялась объемным способом с помощью мерной емкости объемом 50 литров и секундомера, пятикратным повторением опытов. Исследования в вегетационные периоды 2008–2009 гг. проводились при разных, меняющихся в каналебыстротоке гидравлических режимах. Данные опытов представлены зависимостью $q=f(h)$ на рис. 4.

Используя зависимости на рис. 3 и 4 построена зависимость объема поднятой воды за один гидроудар, рассчитанной по формуле: $W=q \cdot 60/f$, л.

График этой зависимости представлен на рис. 5. Линией 1 показан график $W=f(f)$ для клапана массой 3,87 кг, отрегулированного стержнем 70 мм. Линией 2 – клапан той же массы, но отрегулированный дополнительно удлиненными болтами на конце клапана. По первому графику разовый выброс воды составляет в среднем 4,77 л, по второму 3,71 л. Эти показатели необходимы для учета потребления воды, если использовать импульсный водный счетчик.

Фотография выхода поднятой воды в участковый распределитель на территорию факультета АДис КРСУ представлена на фото рис. 6. В периоды вегетаций 2007–2009 гг. велись постоянные наблюдения за уровнями воды в АПК с построением гидрографа, осредненного по декадам в период с мая по ноябрь. Анализ гидрографа показал, что в начале вегетационного периода – апрель, май уровень воды в АПК не достигает 0,3 м.

Стационарно закрепленная ударная труба гидротарана не обеспечивает подход потока к ударному клапану. Та же картина наблюдается в периоды октябрь – ноябрь.

Анализ маловодного 2008 г. показал, что включение в работу гидротарана произошло только в середине июля, т.е. в разгар поливного сезона и длилось до конца августа, что не может устроить потребителя оросительной воды. Поэтому в 2010 г. произведена модернизация гидротарана с расчетом его работоспособности в основные периоды май–сентябрь без остановок.

Модернизация установки заключается в следующем:

- трос впускного оголовка был исключен из конструкции, так как налипание на него плавающих предметов мешает технологическому процессу водоподъема;
- решетчатый оголовок шарнирно закреплен в забетонированный анкерный болт в дне АПК;
- на противоположной части ударной трубы $d=219$ мм на шарнирную опору закреплен винт $d=36$ мм с гайкой, шарнирно посаженной на опорный швеллер;
- отводящий трубопровод $d=90$ мм соединен гофрированным шлангом с патрубком ресивера. Все это обеспечило возможность вертикального перемещения корпуса гидротарана в диапазоне $0,5$ м и возможность его функционирования при бытовой глубине в АПК $0,3$ м.

По результатам натурных исследований гидронасоса сделаны следующие выводы.

1. Поверхностная скорость в канале-быстроходе АПК по результатам замера поплавковым методом на $17\div 21\%$ выше средней скорости потока.

2. На каналах с бурным движением потока незначительные изменения уровней воды в канале ведут к значительным изменениям скоростного напора.

3. Частота циклов ударного клапана прямо пропорциональна его массе, т.е. чем тяжелее

клапан, тем реже удар. Для конкретного объекта при массе клапана $3,99$ кг частота циклов находится в пределах $f=10\div 34$ уд/мин. При этом применялись дополнительные мероприятия по вертикальному перемещению корпуса гидротарана.

4. Получена расходная характеристика $q=f(h)$ гидротарана величиной $q=0,2\text{--}2,5$ л/с в исследуемом диапазоне. Получена зависимость объема разовых выбросов воды за 1 удар клапана, составляющих в осредненных величинах для разной степени настройки от $W1=3,71$ и $W2=4,77$ л.

Литература

1. *Рогозин Г.В.* Гидравлический таран. Пред. патент. KG 417 C1, F 04 F 7/02. Бюл. № 4, 2000.
2. *Рогозин Г.В.* Гидравлический таран. Патент. KG 521 C1, F 04 F 7/02. Бюл. № 7, 2002.
3. *Рогозин Г.В.* Гидравлический таран. Евразийский патент № 003722 B1, F 04 F 7/02. Дата выдачи 28.08.2003.
4. *Рогозин Г.В.* Опыт внедрения водяных насосов “Гидротаран” на богарных землях Киргизии // Вопросы водного хозяйства. 2004. № 2. С. 87–93.
5. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. М.: Энергия, 1974. С. 85–88.