

НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»

УДК 626.81/84:621.6.052

На правах рукописи

ЮСУПОВ ЖЕНИС ЕМИЛЕВИЧ

Совершенствование гидротаранной насосной установки по разработке гидроударного устройства для повышения эффективности орошения земельных площадей в зонах водотоков

6D080500 – Водные ресурсы и водоиспользование

Диссертация на соискание степени
Доктора философии (PhD)

Научный консультант
кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
Яковлев А.А.

Зарубежный консультант
Professor, Dr.sc.ing. Matthias Kramer
(Germany, Technical University of Dresden)

Республика Казахстан
Алматы, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

	НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
	ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
	ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
	ВВЕДЕНИЕ	7
1	ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДЪЁМА ВОДЫ ИЗ ВОДОТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ	11
1.1	Состояние водообеспеченности пастбищ и оросительных систем Казахстана, расположенных в зоне водотоков и перспективы их развития в рыночных условиях	11
1.2	Обоснование предлагаемой технологии орошения земель и обводнения пастбищ в зоне водотоков	14
1.3	Обзор литературы и патентные исследования по ресурсосберегающим технологиям и техническим средствам подъёма воды из водотоков	15
1.4	Анализ теоретических и экспериментальных исследований по известным разработкам насосных установок с использованием кинетической энергии водотоков	36
2	РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАБОРА ВОДЫ ИЗ ВОДОТОКОВ	42
2.1	Методика обоснования конструктивно-технологической схемы гидротаранной насосной установки с приводом от гидравлической энергии водотоков	42
2.2	Основные требования, предъявляемые к принципиальной схеме гидротаранной насосной установки и установление его типа	42
2.3	Выбор принципиальной схемы гидроударного устройства и разработка конструктивно-технологической схемы усовершенствованной гидротаранной насосной установки	43
3	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДЪЁМА ВОДЫ ИЗ ВОДОТОКОВ, ОБОСНОВАНИЕ ТИПОРАЗМЕРОВ И ПАРАМЕТРОВ ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ	49
3.1	Методика разработки теоретических основ гидротаранного способа водоподъёма из водотоков	49
3.2	Разработка теоретических основ технологического процесса гидротаранного способа водоподъёма из водотоков	50

3.3	Исследование эффекта гидравлического удара в гидротаранной насосной установке	53
3.4	Анализ теоретических исследований по совершенствованию конструкции гидротаранной насосной установки	55
3.5	Обоснование исходных параметров гидротаранной насосной установки	57
3.6	Обоснование технологических и технических параметров гидротаранной насосной установки	61
4	РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ, ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЛАБОРАТОРНЫХ И НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ, ДОРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ	65
4.1	Разработка экспериментального образца усовершенствованной гидротаранной насосной установки	65
4.2	Проведение экспериментальных исследований, лабораторных и натурных испытаний усовершенствованного образца гидротаранной насосной установки и доработка её конструкции	66
4.3	Результаты экспериментальных исследований гидротаранной насосной установки	71
4.4	Проведение лабораторных и натурных испытаний экспериментального образца гидротаранной насосной установки	80
5	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ РЕАЛИЗАЦИИ	86
5.1	Выбор методики расчёта экономической эффективности разработки	86
5.2	Расчёт основных показателей базового насосного агрегата и новой гидротаранной насосной установки для обводнение пастбищ	87
5.3	Расчёт основных показателей базового насосного агрегата и новой гидротаранной насосной установки для орошения земель	94
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	102
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	104
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Акт о внедрении в учебный процесс результатов исследований диссертации	110
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Производственные рекомендации	112
	ПРИЛОЖЕНИЕ В. Заявка на патент	113

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р15.01-96. Порядок проведения патентных исследований.

ГОСТ 2405-88. Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, попорометры, тягометры и тягонапорометры. Общие технические условия.

ГОСТ 3262-75. Стальные водогазопроводные трубы. Общие технические условия.

ГОСТ 6134-87. Насосы динамические. Методы испытаний.

ГОСТ 7502-98. Рулетки измерительные металлические. Технические условия.

ГОСТ 10362-76. Рукава прорезиненные. Общие технические условия.

ГОСТ 10428-71. Насосы центробежные скважинные для воды с погруженным электродвигателем. Общие технические условия.

ГОСТ 15.001-73. Разработка и постановка продукции на производство. Основные показатели.

ГОСТ 15.201-2000. Система разработки постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.

ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

ГОСТ 18164-72. Вода питьевая. Методы определения содержания сухого остатка.

ГОСТ 20915-75. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний.

ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки.

ГОСТ 24026-80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимент. Термины и определения.

ГОСТ 24104-2001. Весы лабораторные. Общие технические условия.

ГОСТ 24902-81. Вода хозяйственно-питьевого назначения. Общие требования к полевым методам анализа.

ГОСТ 101.1-98. Испытания сельскохозяйственной техники, машин и оборудования для переработки сельскохозяйственного сырья. Основные положения.

ГОСТ 1021.1-2002. Испытания сельскохозяйственной техники. Установки водоподъемные. Методы оценки функциональных показателей.

РММ 44-62. Методика статистической обработки эмпирических данных.

РД 07-07-21-86. Методические указания. Порядок проведения патентных исследований в системе Госагропрома СССР.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей работе использованы следующие термины с соответствующими определениями.

Водоток-водоисточник с движущейся жидкостью (река, канал и др.).

Гидротаран-это водоподъёмное устройство, работающее от гидравлического удара, создаваемого ударным клапаном от периодического закрытия и открытия движения в нём воды.

Конструкция - устройство, взаимное расположение частей, состав какого-либо строения, механизма и т.п. (например, насосной установки, эжектора, гидротарана).

Коэффициент полезного действия - отношение полезной мощности к мощности затраченной.

Мощность затраченная – мощность, потребляемая насосной установкой.

Мощность полезная – мощность, сообщаемая насосной установкой подаваемой воде.

Напор водотока – давление, создаваемое водотоком, измеряемое в метрах водяного столба (м. вод. ст.), определяется зависимостью $H_e = h_n + v^2/2g$,

где h_n –перепад высот верхнего уровня воды и нижнего – водоотбора водотока, м; v -скорость воды в водотоке, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; H_v - напор водотока, м. вод.ст.

Напор насосной установки – избыточное давление, создаваемое насосной установкой, измеряемое в метрах водяного столба, определяется зависимостью $H_p = P_{изб}/\gamma$, где $P_{изб}$ – избыточное давление насосной установкой, Па; γ – удельный вес воды, Н/м³, H_p – напор, м вод. ст.

Напор скоростей – давление, создаваемое от скорости движения.

Параметр - величина, характеризующая какое-либо основные свойство процесса, явления или системы, машины, устройства (например, подача, напор, коэф, сопр.)

Подача – отношение объема подаваемой воды насосной установкой ко времени.

Сифон – (от греч.siphon – убка, насос), устройство для перекачивания жидкости за счёт неразрывности её потока.

Струйный аппарат (эжектор) устройство – для нагнетания (отсасывания) жидкости или воздуха, действие которого основано на увеличении нагнетаемой (отсасываемой) жидкости или воздуха за счёт использования кинетической энергии рабочей жидкости

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В диссертационной работе использованы следующие обозначение и сокращение

Q – дача насосной установки, расход воды, м³/с;

H – напор насосной установки, водотока, скоростной и вакуумный напоры, высота водоподъема, м. вод. ст.;

η – коэффициент полезного действия насосной установки;

v – скорость движения воды в водотоке, трубопроводах, м/с;

P – избыточное давление воды, создаваемое внутри трубопровода, Па;

D, d – диаметр отверстий труб, круглого профиля детали, м;

F – площадь сечения проходных отверстий, русла водотока, м²

γ – удельный вес воды, Н/м³;

ρ – плотность воды, кг/м³

ζ – коэффициент местных сопротивлений;

λ – коэффициент трения воды в трубопроводах;

m – масса груза, тел и т.д., кг;

L, l – длина трубопровода, м;

h – относительный напор в струйных аппаратах, уровень погружения, потери напора, длина плеч противовеса ударного клапана, м;

q – объемный расход в струйных аппаратах, водопотребление потребителя, м³;

t – время протекающего процесса, с;

K – объемный модуль жидкости, Н/м²;

E – модуль продольной упругости материала трубопровода, Н/м;

a – скорость распространения ударной волны, скорость распространения звука в жидкости, м/с;

П – выработка насосной установки, м³;

T – годовая загрузка, ч;

L – количество обслуживающего персонала, чел;

Э – эффект от использования насосной установки, тенге;

C – удельные отчисления на реновацию, техобслуживание и ремонт, на топливно-смазочные материалы, тенге м³;

Z – удельные эксплуатационные затраты, тенге/м³;

ГСХА – Государственная сельскохозяйственная академия;

ГНУ ВИЭСХ – Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйство;

ДВС – двигатель внутреннего сгорания;

КПД – коэффициент полезного действия;

ЦНИИКВР – Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов;

ЭЦВ – электропогружной центробежный водоподъемный насос;

ТГ – таран гидравлический;

УИЖ-К100 – таран, разработанный Украинским институтом животноводства.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В Послании народу Казахстана «Единство народа и системные реформы – прочная основа процветания» от 01 сентября 2020 года Президент Республики Казахстан К. Токаев отметил, что серьезным барьером остаются технологически устаревшие системы орошения [1]. В Казахстане в последние годы по назначению используются (засеваются и поливаются) 1,3 млн. га орошаемых земель, в составе которых порядка 500 оросительных систем с общей протяжённостью оросительной сети около 30 тыс. км каналов 3-5 порядков с пропускной способностью от 0,1 до 5м³/с. Для полноценного обеспечения нынешнего поголовья скота питьевой водой и кормовой базой необходимо ввести в оборот около 30 млн. гектаров естественных и культурных пастбищ за счет их обводнения посредством использования для привода насосных установок от возобновляемых источников энергии, преимущественно гидравлической [1].

Для полноценного обеспечения нынешнего поголовья скота питьевой водой и кормовой базой необходимо ввести в оборот около 30 млн. гектаров естественных и культурных пастбищ за счет их обводнения посредством использования для привода насосных установок от возобновляемых источников энергии преимущественно водной.

Сельскохозяйствопроизводители, расположенные в зонах водотоков, из-за отсутствия на рынке альтернативных насосных установок, вынуждены использовать традиционные центробежные насосные установки (АН-2К-9-М1 и АНС-60Д) с приводом от двигателей внутреннего сгорания мощностью 1,5 и 5,9 кВт, которые требуют значительных эксплуатационных затрат и топлива [2-8].

Проблема эффективного водоснабжения с использованием естественных энергетических ресурсов воды в современных условиях перспективна и актуальна, решение которой рационально осуществить необходимыми типоразмерами гидротаранной насосной установки, конструкция которой, по техническому решению, проста и надежна в эксплуатации и не ухудшает экологию окружающей среды.

В этой связи для практического решения проблемы предлагается усовершенствованная гидротаранная насосная установка для забора воды из водотоков, а также рекомендации по её внедрению на объектах АПК РК. Внедрение предлагаемой конструкции ГНУ позволит устранить существующие технологические и технические недостатки аналогов, улучшить основные показатели необходимых типоразмеров. Применение в практике усовершенствованной гидротаранной установки обеспечит увеличение подачи и КПД на 20-30%, повышение надёжности и упрощение эксплуатации, а по сравнению с базовыми насосными установками достигается снижение эксплуатационных затрат в 8-11 раз.

Принцип работы гидротаранной насосной установки для подъема воды на большую высоту и создания необходимой подачи основан на использовании кинетической энергии движущегося потока воды самих водотоков с

использованием наиболее простого технологического процесса – получения напора и подачи за счёт создаваемого внутри питающего трубопровода периодического гидравлического удара автоматическим закрытием и открытием гидроударного клапана. При этом используется энергосберегающая технология водоподъёма, повышающая эффективность орошения и обводнения пастбищных территорий, а также облегчающая работу основных потребителей АПК - крестьянских и фермерских хозяйств.

По расчетам ученых экономический эффект от внедрения одной гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ по сравнению с прототипом может составить до 324 тыс. тенге, а в целом по отрасли может быть получен эффект в 3308 млн. тенге. Экономический эффект от внедрения одной гидротаранной насосной установки для полива земель по сравнению с прототипом может составить 941 тыс. тенге, при этом суммарный эффект может достичь 9604 млн. тенге [9,10,11].

На сегодняшний день на Казахстанском рынке нет указанных альтернативных насосных установок, работающих по энергосберегающей и экологически чистой технологии водоподъема из водотоков, поэтому исследования по разработке необходимых типоразмеров усовершенствованных образцов гидротаранной насосной установки для орошаемого земледелия и обводнения пастбищных территорий является актуальной проблемой [9-17].

Цель исследований - совершенствование гидротаранной насосной установки с улучшением свойств гидроударного устройства, снижающего эксплуатационные затраты в 3 - 5 раз, повышающего эффективность орошения и обводнения пастбищ расположенных в зонах водотоков.

Объект исследований - технология подъёма воды из водотока для орошения земель и водоснабжения пастбищ посредством гидротаранной насосной установки.

Предмет исследований – технологические процессы в основных узлах и гидротаранной насосной установке.

Задачи исследований:

- обоснование направления исследований, обзор литературы и патентные исследования по технологии подъёма воды из водотоков с использованием гидротаранной насосной установки;

- разработка усовершенствованной конструктивно-технологической схемы гидротаранной насосной установки, использующей кинетическую энергию водотоков при заборе воды на орошение и пастбищное водоснабжение;

- разработка теоретических предпосылок технологического процесса предполагаемой технологии водоподъема и протекающих процессов в гидроударном устройстве;

- разработка методики, обоснование необходимых типоразмеров и параметров гидротаранной насосной установки, использующей гидравлическую энергию водотока при заборе воды на орошение и пастбищное водоснабжение;

- разработка экспериментального образца усовершенствованной

конструкции гидротаранной насосной установки, проведение экспериментальных исследований, лабораторных и натурных испытаний с последующей доработкой;

- определение экономической эффективности выполненных исследований и предложения по их реализации

Научная новизна исследований:

- предложена технология водоподъема при помощи усовершенствованной конструкции гидротаранной насосной установки с улучшенными характеристиками, обеспечивающей удобство технического обслуживания;

- разработаны теоретические предпосылки усовершенствованного гидротаранного способа водоподъема из водотоков и обоснованы основные исходные данные технологических и технических параметров;

- предложено новое техническое решение конструкции гидротаранной насосной установки, снижающей эксплуатационные затраты в 3 - 5 раз, повышающей эффективность орошения и обводнения пастбищ, расположенных в зонах водотоков.

Научные положения, выносимые на защиту:

- технология подъема воды из водотоков для обеспечения оросительной водой вводимых в сельхозоборот новых земель и обводнения пастбищ с использованием усовершенствованной гидротаранной насосной установки, с улучшенными параметрами, позволяющими повысить подачу и КПД на 20 - 30%, увеличить напор в 1,5 раза и снизить эксплуатационные затраты в 8 - 11 раз;

- предложенные теоретические предпосылки технологического процесса гидротаранной насосной установке и протекающих процессов в гидроударном устройстве;

- разработанная методика и обоснование необходимых типоразмеров и параметров усовершенствованной гидротаранной насосной установки для орошения вновь вводимых площадей орошения и обводнения пастбищ в зонах водотоков;

- разработанный экспериментальный образец усовершенствованной гидротаранной насосной установки, результаты экспериментальных исследований, лабораторных и натурных испытаний предложенной насосной установки;

- техническая новизна конструкции гидротаранной насосной установки для подъема воды из водотоков;

- экономическая эффективность выполненных исследований и предложения по их внедрению.

Практическая значимость:

Результаты исследований конкурентоспособны, были использованы в учебном процессе при составлении лекционного курса по дисциплине NNS 3212 - «Насосы и насосные станции» для бакалавриата по направлению подготовки 5B0808500 - «Водные ресурсы и водопользование», а также для докторантов специальности 5D080500, по дисциплине специального курса IVIES - «Возобновляемые источники энергии» (Акт внедрения в учебный

процесс КазНАИУ от 04.10.2021г.), Приложение А.

Получена производственная рекомендация от бизнес – партнера по освоению производства насосного оборудования ТОО «TASBULAK» по внедрению разработанную гидротаранную насосную установку для подъема воды из водотоков трех типоразмеров, в том числе, два – для орошения земель и один – для обводнения пастбищ, Приложение Б.

Апробация работы и предложения по ее реализации:

Основные результаты диссертационной работы были доложены на Международных научно – практических конференциях: «Устойчивое развитие: региональные аспекты» конференция молодых учёных (Белорусь, Брест, 24-26 апреля 2019г.); на конференции по энергетике, гражданскому и сельскохозяйственному инжинирингу (Республика Узбекистан, г.Ташкент 14-16 октября 2020 г.) [9,10].

По выполненной работе выигран грант по коммерциализации результатов научной и (или) научно-технической деятельности 2023-2025гг. № ИРН-DR21682075 «Насосные установки для подъёма воды из водотоков с приводом от водной энергии».

Выполненная работа включена в проект по программе 019 для внедрение необходимых типоразмеров опытных показательных хозяйств в Туркестанской области.

Публикации: Основные результаты исследований опубликованы в работах, в том числе в изданиях рекомендованных ККСОН входящих в международный информационный ресурс Q1 Scopus (Elsevier) с процентилем 97.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованных источников из 76 наименований, 2 приложений; содержит 113 страниц компьютерного текста, иллюстрирована 32 рисунками и 5 таблицами.

1 ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДЪЁМА ВОДЫ ИЗ ВОДОТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

1.1 Состояние водообеспеченности пастбищ и оросительных систем Казахстана, расположенных в зоне водотоков и перспективы их развития в рыночных условиях

В настоящее время в Республике Казахстан около 30% орошаемых земель находятся в зонах водотоков, которые преимущественно используются крестьянскими и фермерскими хозяйствами, а также другими сельхозформированиями. Однако из-за отсутствия в производстве альтернативных насосных установок, товаропроизводители вынуждены использовать традиционные насосные установки с приводом от тепловых двигателей для орошения и обводнения пастбищных территорий такие, как насосные агрегаты марки АН-2К-9-М1 и АНС-60Д мощностью 1,5 кВт и 5,9 кВт соответственно, которые за сезон используют от 1000 до 2500 кг бензинового топлива, ухудшают состояние окружающей среды и требуют для их обслуживания высококвалифицированный обслуживающий персонал при занятости на полную рабочую смену. В этой связи разработка альтернативных насосных установок, в том числе по усовершенствованию конструкции гидротаранной насосной установки, работающей по энергосберегающей и экологически чистой технологии водоподъёма, является актуальной задачей проведения прикладных исследований по диссертационной работе [2-11].

В настоящее время энергосберегающая технология водоподъёма (ЭТВ) из водотоков подразделяется по типу применения возобновляемого источника энергии (ТВИЭ):

- ЭТВ с использованием водной энергии;
- ЭТВ с использованием ветровой энергии;
- ЭТВ с использованием солнечной энергии.

Каждый тип энергосберегающей технологии водоподъёма имеет свои преимущества и недостатки, однако наиболее эффективным для подъёма воды из водотоков является ЭТВ с использованием кинетической энергии, вырабатываемой самим водотоком.

Поэтому большинство работ были направлены на разработку водоподъёмно-технических средств с использованием гидравлической энергии водного источника.

Разработкам конструкций, теоретическим и экспериментальным исследованиям насосных установок с приводом от энергии движущейся воды посвящено большое количество отечественных и зарубежных работ.

Основная идея выполнения диссертационной работы заключается в обосновании эффективной технологии и технических средств орошения при вводе новых земель и обводнении пастбищ в зонах водотоков с использованием усовершенствованной конструкции гидротаранной насосной установки. За основу технического решения принят патент на изобретение КазНАИУКЗ №

34027 [2-11]. Предлагаемая гидротаранная насосная установка работает по энергосберегающей и экологически чистой технологии водоподъёма и по сравнению с аналогами улучшает основные параметры - повышает подачу и КПД на 20-30%, создаваемый напор в 1,5 раза, а по сравнению с базовыми насосными установками с приводом от двигателей внутреннего сгорания снижает эксплуатационные затраты в 3-5 раз и более.

В результате работы конструкции насосной установки повышается ее надёжность, обеспечивается удобство в техобслуживании, соблюдение техники безопасности и улучшение основных параметров по сравнению с аналогами.

Основная цель исследований по теме диссертации - это повышение эффективности орошения, в том числе при вводе новых земель и обводнении пастбищ в зонах водотоков Казахстана с использованием гидротаранной насосной установки, снижающей эксплуатационные затраты в 8,8-11,4 раз.

Способ достижения цели заключается в выборе и обосновании технологии и технических средств орошения и обводнении пастбищ в зонах водотоков Казахстана, разработке экспериментального образца усовершенствованной гидротаранной насосной установки, проведении теоретических и экспериментальных исследований, лабораторных, натурных испытаний и разработке рекомендаций по ее внедрению на объектах АПК РК.

По состоянию на 2023 г. [2,13,17] централизованными системами водоснабжения охвачено 45,8%, или 3911 населённых пунктов, из них 15,6% подключены к групповым водопроводам (протяжённость 17 тыс. км) и 30,2% - к локальным водопроводам (протяжённость 29 тыс. км). Остальные 54,2% сельских потребителей имеют своё автономное водообеспечение за счёт организации служб по механизации водоснабжения из подземных и поверхностных водоисточников.

В соответствии со статистическими данными в настоящее время число сельскохозяйственных формирований в АПК РК составляет более 170 тысяч единиц сельхозформирований, преимущественно это крестьянских и фермерских хозяйства.

Для стабильного и эффективного развития сельхозтоваропроизводителей в АПК РК необходимо их техническое оснащение перспективными и современными машинами, оборудованием и установками, в том числе по орошению земельных площадей и сельскохозяйственному водоснабжению, с использованием энергосберегающих и экологически чистых технологий.

В рыночных условиях, имеется большое количество водоподъемного оборудования, сельхозпотребителю необходимо знать, что на выбор необходимого типа и эффективного его использования существенное влияние оказывают природно-хозяйственные факторы (наличие экологически чистых естественных энергоисточников - ветровой, водной и солнечной, искусственных и природных - централизованных электросетей, климат, рельеф местности, сезон использования объекта, режим водопотребления, основные параметры имеющихся подземных или поверхностных водоисточников: дебит,

статистический уровень залегания вод, глубина и внутренний диаметр скважин, минерализация воды, содержание в воде твёрдых частиц (песка), а так же структура потребителя – водопой животных, полив приусадебных участков, орошение селхозкультур и др. Кроме того, важными характеристиками являются также необходимый расчётный напор насосной установки и объём для сбора резервирования воды (водонапорная башня или резервуар).

По расчётной потребности в воде (Q , м³/час), напору (H_p , м), а также с учётом природно-натурных факторов, потребитель определяет необходимый тип водоподъёмного оборудования по его основным параметрам:

подаче (Q , м³/час), напору (H_p , м), установленной мощности двигателя (N , кВт), диаметру насоса (D_n , мм) и допустимых условий применения по минерализации и содержанию в воде твёрдых частиц. С учётом указанных факторов рекомендуется тип необходимого водоподъёмного оборудования [2.3.8.13], правильный выбор которого в рыночных условиях будет способствовать повышению эффективности орошения и водоснабжения сельхозформирований АПК РК.

Водные ресурсы в зонах прилегающих водотоков АПК РК имеют значительный запас[2,3]: 8643 водотока имеющих постоянный или сезонный гидрологический режим, протяженностью 123 тыс.км, в т.ч. 5076 водотоков протяженностью 75,3 тыс.км постоянно действующие.

Расходы воды в малых горных водотоках колеблются от 0,1 до 1 м³/с и более, крупных реках, например, в р. Иле от 137 м³/с до 2450 м³/с,

Скорость течения воды – от 1 до 5 м/с. Горные водотоки протяженностью, До 25 км имеют потенциальную мощность до 0,25 млрд. кВт. час/год.

Большинство рек в Казахстане расположено в южных зонах. Так, например, на территории Алматинской области имеется 496 рек протяженностью 10 тыс.км,

Гидрографическая сеть региона представлена реками: Иле, Шарын, Шелек, талгарка, Каскеленка, Чемолганка, Большая и Малая Алматинка, Тургень, Аксай, Джирен-Айгыр, Узын-Агач, Кара-Костек, Каргалы, Бурундай, Байсерке, Карасу, Хоргос, Би-жа, Лепсы, Каратал, Усек, Баскан, Коксу, Тентек, Сарканд, Аксу, Коктал и другие.

Основные параметры рек расходы колеблются в широких пределах – от 2,9 до 2450 м³/с, глубины от 0,3 до 8 м, скорость течения 1-5 м/с. Каналы Алматинской области, в зависимости от назначения, имеют следующие параметры: расход воды от 0,5 до 100 м³/с, скорость движения воды от 0,8 до 1,5 м/с, глубина от 0,8 до 2 и более метров.

Природно-хозяйственные факторы и параметры водотоков по расходу, скорости течения водного потока и глубина могут быть успешно использованы в качестве естественного энергоисточника для привода альтернативных насосных установок, технологии водоподъёма которых является экологически чистыми и энергосберегающими.

Однако, в настоящее время для орошения земель и водоснабжения крестьянских и фермерских хозяйств

Казахстана преимущественно используют традиционные центробежные насосные установки марок АН-2К-9-М1[5] и АНС-60Д [4] (параметры: подача 5-60 м³/час, напор 13-21,5м) с приводом насоса от двигателей внутреннего сгорания 2СД-М2 мощностью 1,5 кВт (2 л.с.) и УД-2 мощностью 5,9 кВт (8 л.с.) которые потребляют значительное количество топлива от 0,85 до 2 кг в час и ухудшают состояние окружающей среды выбросами отработанных газов.

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Водные ресурсы и мелиорация» Казхаского национального аграрного исследовательского университета и посвящена вопросам повышению эффективности орошения земель и пастбищного водоснабжения крестьянских и фермерских хозяйств, расположенных в зонах прилегающих водотоков, с использованием для подъёма воды энергию движущегося потока воды самого источника.

1.2 Обоснование предлагаемой технологии орошения земель и обводнения пастбищ в зоне водотоков

В настоящее время для подъёма воды из водотоков на орошение земель, сельхозводоснабжения, а также обеспечения водой других потребителей АПК, в Республике Казахстан в странах ближнего и дальнего зарубежья осуществляют по двум технологиям [2,9,10,12]:

- традиционной технологии водоподъёма с использованием традиционных источников энергии (топливной и электрической);
- энергосберегающей (альтернативной) технологии водоподъёма с использованием возобновляемых (нетрадиционных) источников энергии (водной, ветровой, солнечной).

Структурная схема технологии водоподъёма из водотоков представлена на рисунке 1.1.

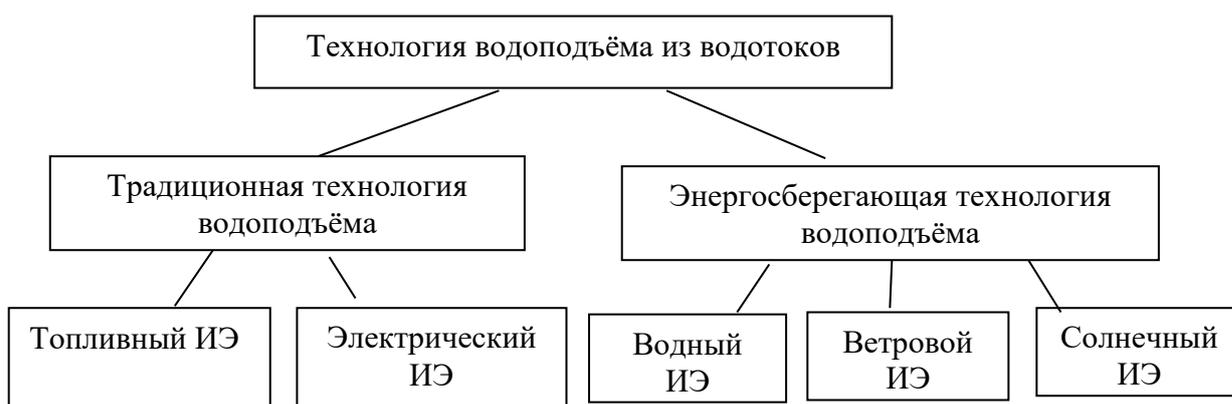


Рисунок 1.1- Структурная схема технологии водоподъёма из водотоков

Как видно из рисунка 1.1 технология водоподъёма из водотоков отражает тип используемой технологии и соответствующий источник энергии для привода водоподъёмно-технических средств (насосных установок).

Каждая используемая технология подъёма воды из водотоков имеет свои преимущества и недостатки.

К преимуществам традиционной технологии водоподъёма относятся:

- технология водоподъёма отработана и водоподъёмно-технические средства имеются на рынках сбыта;

- большой диапазон выбора по подаче и напору.

Недостатками существующей технологии являются:

- технология водоподъёма не является экологически чистой, так как происходит выброс в атмосферу отработанных газов от работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС), используемых для привода водоподъёмно-технических средств;

- требуется большой объем топлива для работы ДВС;

- значительные эксплуатационные затраты на обслуживание ДВС насосных установок;

- насосные установки требуют для обслуживания высококвалифицированный персонал.

К преимуществам альтернативной технологии водоподъёма из водотоков относятся:

- экологически чистая и энергосберегающая технология водоподъёма, так как для привода водоподъёмно-технических средств используются естественные возобновляемые источники энергии: водная, ветровая и солнечная;

- низкие эксплуатационные затраты, вызванные не постоянным присутствием обслуживающего персонала, а лишь сервисным обслуживанием водоподъёмно-технических средств;

- использование для привода естественного источника энергии-водного.

Недостатками такой технологии являются:

- технология водоподъёма недостаточно отработана, а водоподъёмно-технические средства не имеют достаточно широкого распространения;

- конструкции гидротаранов, которые серийно изготавливались в бывшем СССР, устарели и требуют совершенствования.

Из сравнительной оценки двух технологий - традиционной и энергосберегающей, преимущество энергосберегающей технологии очевидно: она экологически чистая, экономит топливо, например, для орошения земель и обводнения пастбищ одна насосная установка экономит у потребителя до 2500 кг и 1000 кг топлива за сезон и снижает эксплуатационные затраты в 8,9-11,2 раза.

В этой связи в диссертационной работе предлагается энергосберегающая технология и техническое средство водоподъёма в виде усовершенствованной гидротаранной насосной установки с использованием для привода гидравлической энергии самих водотоков.

1.3 Обзор литературы и патентные исследования по ресурсосберегающим технологиям и техническим средствам подъёма воды из водотоков

Патентные исследования проведены по ГОСТ Р15.01-96 и методическими указаниями РД 07-07-2.1-86 [18,19].

Анализ патентного поиска показал, что в данном направлении проводились определенные научные и прикладные исследования как в Казахстане, так и в странах дальнего и ближнего зарубежья [12-17].

Разработками конструкций, теоретические и экспериментальные исследованиям насосных агрегатов с использованием кинетической энергии движущейся воды посвящены отечественные и зарубежные работы: Кашеков Л.Я., Лихоеденко П.К., Кирилловский Ю.Л., Подвидз Л.Г.(1955-1970) [20-23], Альферович А.Н., Повалиев М.К. (1980-1990) [24], Хохлов А.В., Хохлов В.А., Маджидоа У.Х., Назаров Н.Т., Назаров С.Н., Филиппович Ю.Ю.(1995-2003) [25,26], Искандарян А.А., Мостков М.А. (1963-1970) [27,28], Калашников А.А., Кандрин Н.Н., Жарков В.А., Шаромов С.А., Садретдинов М.С., Мирдадаев М.С. (1995-2004) [29,30,31], Иванов Е.Г., Культяпов С.Ю., Кадылкина А.В., Кусков А.И. (2001-2014) [32,33,34,35], Яковлев А.А., Саркынов Е.С., Кожамкулов Д. (2001-2017) [2,12,36-56] и другие.

Выше перечисленными учеными были разработаны конструкции по четырём принципиальным схемами насосных установок (рисунки 1.2).

В 1955-2005 гг. в ВИЭСХ Кашековым Л.Я., Лихоеденко П.К., Кирилловским Ю.Л., Подвидзе Л.Г.[20-23] проведены прикладные исследования разработаны конструкции водоструйных установок для подачи воды из трубчатых и шахтных колодцев. В результате проведённых исследований даны теоретические предпосылки технологического процесса струйных аппаратов и предложена методика расчета водоструйных установок, что позволило разработать шесть типоразмеров водоструйных насосных установок:

ВН-2-8 (подача 3,6-1 м³/час, глубина подъема воды 8-41м, потребляемая мощность 4,5-7 кВт, КПД 0,18-0,40);

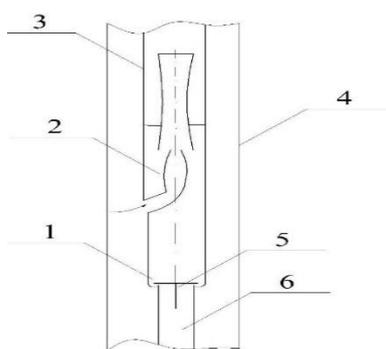
ВН-2Ц-6 (подача 6,8-14,1 м³/ч, глубина подъема воды 15-75 м, потребляемая мощность 7 - 14 кВт, КПД 0,20-0,44);

ВН-2-Ш (подача 1-8 м³/час, глубина подъема воды 10-35 м, потребляемая мощность 0,6-2,8 кВт);

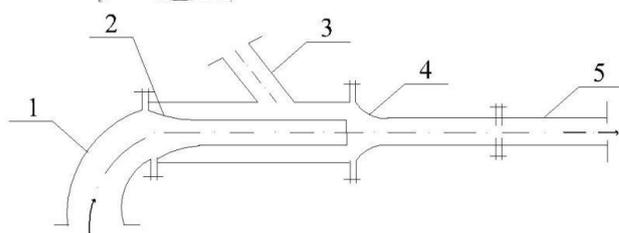
ВН-1-4 (подача 2,5-12 м³/час, глубина водоподъёма 10-35 м, потребляемая мощность 2,8-4,5 кВт, КПД 0,25-0,38);

ВН-1-3 (одача 1-2 м³/час, глубина водоподъема 10-20 м, потребляемая мощность 0,6 кВт, КПД 0,18-0,25).

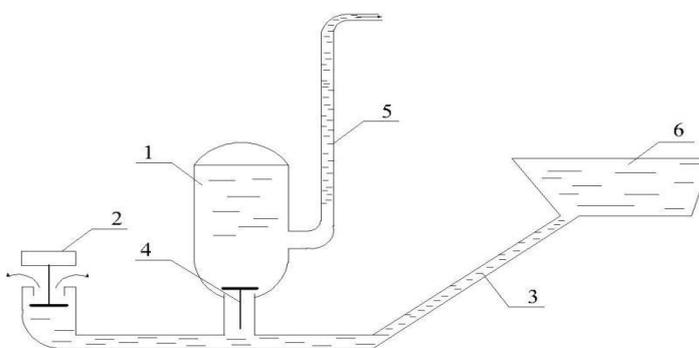
Разработанные водоструйные установки (рисунок 1.2а) состояли из струйного аппарата 2, подсоединенных к нему водоподъёмного трубопровода 3 и напорных труб (на рисунке в виде обсадных труб скважины 4) и центробежного насоса с приводным двигателем (ДВС, электродвигатель, на рис. Не показан), причём перед пуском вся система заполнялась водой.



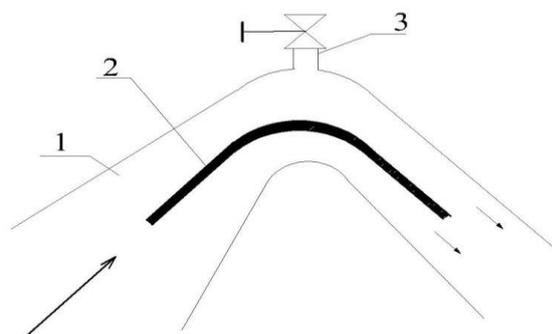
- а)– схема водоструйного насоса;
 1- пакер;
 2-струйный аппарат;
 3-водоподъемный трубопровод;
 4-обсадные трубы скважины;
 5-обратный клапан;
 6-всасывающий фильтр



- б)-схема гидроэлеватора;
 1-подводящий патрубок;
 2-сопло активное
 3-всасывающий патрубок;
 4-пассивное сопло со смесительной камерой;
 5-диффузор;



- в) – схема гидротарана;
 1-сосуд-колпак;
 2,4-ударный и обратный клапаны;
 3,5-питающий и нагнетательный клапаны
 6-река (гидросооружение)



- г) – схема сифона:
 1-нагнетательный трубопровод;
 2-рассекатель;
 3-патрубок с вентилем

Рисунок 1.2 – Существующие насосные установки с использованием кинетической энергии водоисточников (скважин и шахтных колодцев)

Аналогичными разработками занимались другие научно-исследовательские институты и организации. В 1964 году в ВИСХОМ и МВТУ им. Баумана [20]. Разработан водоструйный водоподъемник ВП-0,9 (подача 2,2-4,0 м³/час, высота водоподъема 10-30м, потребляемая мощность 1,03-1,18 кВт, КПД 0,19-0,22), который отличался сравнительно меньшей массой.

В последующие годы доработка конструкций водоструйных установок для обводнения пастбищ проводилась в ГСКБ ОВЦЕМАШ. Гидроструйных

насосные установки выпускались промышленностью серийно, после развала СССР выпуск приостановлен.

Их достоинствами являются простота насосной части, опускаемой в водоисточник и не имеющей вращающихся частей, центробежный насос установлен на поверхности земли.

Недостатки - ограничено применение, лишь для подъёма воды из подземных источников; напор и подача создаются центробежным насосом с приводом от искусственного источника энергии.

В 1980-1990 гг. в ЦНИКИВР выполнены прикладные исследования по созданию вакуумно-струйного водоподъёмного устройства с использованием для подъёма воды на большую высоту из подземных и открытых водоисточников посредством кинетической энергии движущейся воды из водоёмов[24].

Водоподъёмное устройство состояло: из вакуумно-струйного аппарата, водонаполняемой ёмкости и трубопроводов – всасывающего и вакуумного. Принцип работы водоподъёмного устройства заключался в использовании кинетической энергии воды, поступающей из водоёма через вакуумно-струйный аппарат (эжектор), который создавал в нём вакуум, передаваемый в водонаполняемую ёмкость, соединённую всасывающим трубопроводом с водоисточником, по которой посредством вакуума обеспечивается технологический процесс водоподъёма.

В данном водоподъёмном устройстве использован разработанный в ВИЭСХ струйный аппарат (рисунок 1.2б), который состоял из подводящего патрубка 1 с активным соплом 2, всасывающего патрубка 3 с пассивным соплом со смесительной камерой 4 и диффузором 5, которые взаимосвязаны и соосно установлены между собой [7].

Водоподъёмное устройство предназначено для перекачивания и подъёма воды преимущественно в струйных насосах посредством кинетической энергией, создаваемой напором воды, проходящим через активное сопло подводящего патрубка.

Достоинства этого устройства - использование кинетической энергии движущейся воды водоёма.

Недостатки - низкая вакуумирующая способность струйного аппарата, особенно при малом напоре движущейся воды.

В 1995-2003 гг. в НПП «Водоподъёмник» (Узбекистан) [25,26] проведены прикладные исследования по совершенствованию струйного аппарата с саморегулирующимся проходным сечением отверстия активного сопла, позволяющего автоматически поддерживать в нём вакуумирующие способности при уменьшении в процессе работы напора подающей рабочей воды в активное сопло струйного аппарата.

Конструкция данного саморегулирующегося струйного аппарата отличается от струйного аппарата ВИЭСХ (рисунок 1.2б) установкой внутри активного сопла конусной иглы, которая соединена через толкатель с подвижной осью, на которой установлен поршень, подпружиненный

относительно днища цилиндра и перемещаемый в цилиндре от действия разности сил сжатия пружины и давления подаваемой рабочей воды. При перемещении поршня, перемещается в осевом направлении игла в сопле, изменяя её проходное сечение.

Достоинства—обеспечена оптимизация вакуумирующей способности струйного аппарата.

Недостатки—не обеспечивается эффективность использования саморегулирующегося струйного аппарата при малых напорах рабочей воды.

Наиболее простой конструкцией насосных установок с использованием кинетической энергии движущейся воды является сифон (рисунок 1.2 г) [15], состоящий из нагнетательного трубопровода (патрубка) 1 в виде колена, внутри которого, для эффективности его работы, установлен рассекатель 2 с отверстием, а в верхней части изгиба - патрубок с вентилем 3. Принцип его Работа его основана на использовании закона неразрывности струи движущейся воды, при которой уровень разлива воды из трубопровода должен быть не более уровня приёмной его части. Сифоны в основном применяются при орошении сельскохозяйственных культур.

Достоинство - простота конструкции.

Недостаток—очень малая высота водоподъёма (до 0,5 м).

Аналогичные конструкции насосных установок с использованием кинетической энергии движущейся воды были разработаны зарубежными разработчиками, которые имеют существенную новизну и представлены зарубежными патентами [35,59].

Проводились прикладные исследования по усовершенствованию насосных агрегатов для подъема и подачи воды с использованием вакуумных насосов проводились и учеными Украинского государственного университета водного хозяйства и природопользования. При этом выполнялись экспериментальные работы при замене в насосной системе вакуум-насосов струйными аппаратами (эжекторами) с тремя сменными соплами диаметром 20, 25 и 30 мм, камерой смешения диаметром 50 мм и длиной 300 мм[12].

Достоинства - упрощен технологический процесс вакуумирования с использованием в качестве вакуум-насосов струйных аппаратов и повышена надёжность вакуумной системы.

Недостатки - уменьшена величина максимального вакуума в системе и снижена вакуумирующая способность.

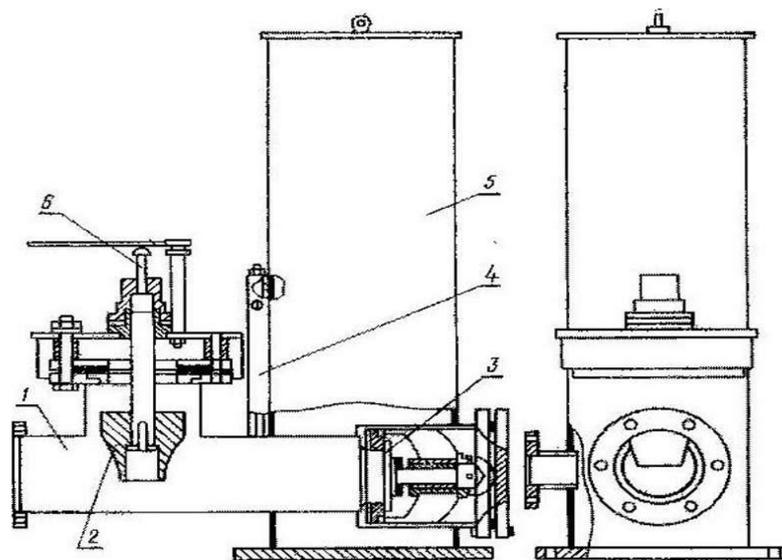
В 1963-1970 гг. проведены прикладные исследования по данному направлению в Ереванском политехническом институте (ЕрПИ), в результате которых разработаны конструкции гидротаранных насосных установок[7,20,27] (рисунки 1.2 в 1.3а) трех типоразмеров:

ЕрПИ-100 (подача до 10,8 м³/час, напор до 150 м, диаметр ударного клапана 100 мм, перепад высот 1-50 м);

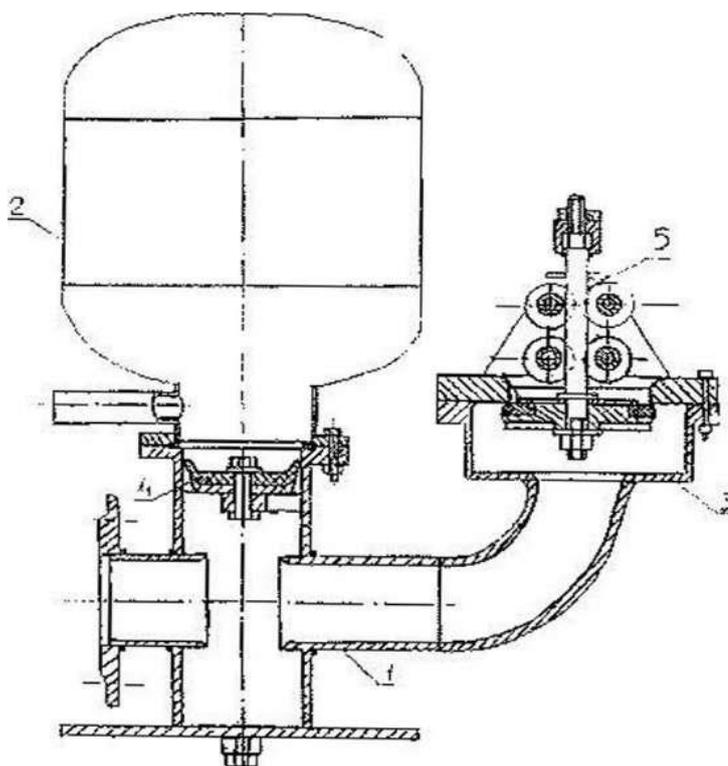
ЕрПИ-150 (подача до 25 м³/час, напор до 100 м, диаметр ударного клапана 150 мм, перепад высот 1-30 м);

ЕрПИ-250 (подача до 64 м³/час, напор до 20 м, диаметр ударного клапана

250 мм, перепад высот 1-30м, объем колпака 20 дм³, масса - 106кг).



а) Гидротаран ЕрПИ: 1- питательная труба; 2-ударный клапан; 3-нагнетательный клапан; 4-трубка для пополнения воздуха; 5- воздушный колпак; 6- штырь



б) Гидротаран КазНИИВХ: 1- корпус; 2- воздушный колпак; 3- ударный клапан; 4- нагнетательный клапан; 5-направляющие качения

Рисунок 1.3-Конструкции гидравлических таранов ЕрПИ и КазНИИВХ

Принцип работы гидротаранной насосной установки основан на создании в водоподъемной системе гидроудара от периодического закрытия и открытия ударного клапана в питательном трубопроводе, от которого в нём циклически повышается давление, и вода через обратный клапан нагнетается в

ёмкость воздушного колпака и по нагнетательному трубопроводу подаётся к потребителю.

Гидротаранная насосная установка конструкции ЕрПИ (рисунок 1.3а) состоит из питательного трубопровода (на рисунке не показан) длиной 10-14 м, корпуса – трубы 1, ударного 2, нагнетательного 3 клапанов и воздушного колпака 5. При этом гидротаранная насосная установка требует при эксплуатации гидротехнического сооружения в виде накопительной ёмкости и установочной площадки с перепадом высот водозаборного трубопровода и сливного патрубка от 1,0 м и более.

Кроме типоразмеров ЕрПИ для сельскохозяйственного водоснабжения были разработаны и серийно изготавливались еще три типоразмера гидротаранной насосной установки:

- ТГ-1 (подача 6 м³/час напор до 100 м, диаметры труб: напорной - 38 мм, питательной - 75мм);

- ТГ-2 (подача 2,7-19 м³/час, напор до 100 м, диаметры труб: напорной - 25-50 мм, питательной – 50-100 мм, объем колпака 13,5-16 дм³, масса 127-204кг);

- УИЖ-К100 (подача 0,4-12 м³/час, напор до 100 м, диаметры труб: напорной - 50 мм, питательной - 127 мм, объем колпака 18 дм³, масса 242кг, перепад высот от 1 м до 50 м).

Достоинства - простота конструкции и использование для привода гидроэнергии самого водотока.

Недостатки - необходимы для выполнения технологического процесса дополнительные гидросооружения.

В 1995-2004 гг. в КазНИИВХ (Казахстан) [29,30,31] были разработаны два варианта гидротарана, отличающиеся конструктивным исполнением. Исследования были направлены на совершенствование конструкции ударного и обратного клапанов.

Гидротаран конструкции КазНИИВХ (рисунок 1.3 б) состоит из корпуса 1, воздушного колпака 2 с водоподающим трубопроводом, ударного 3 и нагнетательного 4 клапанов и направляющих качения 5 для ударного клапана. Ударный клапан, размещённый на выходном патрубке корпуса, состоял из тарельчатого клапана со штоком и регулировочной гайкой, крышки седла, на который установлены направляющие качения в виде роликов, внутри которых перемещается шток с тарельчатым клапаном. Нагнетательный клапан выполнен в виде неподвижно установленной самоуплотняющейся манжеты в средней части патрубка корпуса, соединённого с воздушным колпаком. К входному патрубку корпуса гидротарана соединился питательный трубопровод водоисточника.

Для надёжной работы гидротарана требуются следующие условия: наличие водоисточника с дебитом, превышающим общий расход воды при технологическом процессе водоподъёма; перепад высот воды в приёмной части питательного трубопровода и сливного патрубка ударного клапана величиной не менее 1 м.

Разработан гидротаран с параметрами: подача 2,16-0,72 м³/ч, высота водоподъёма 3-10 м, диаметры трубопроводов: питательного -65 мм и водоподающего - 32 мм.

Достоинство – привод осуществляется от гидравлической энергии самого водотока.

Недостатки - низкая подача, требует дополнительных гидротехнических сооружений для создания напора.

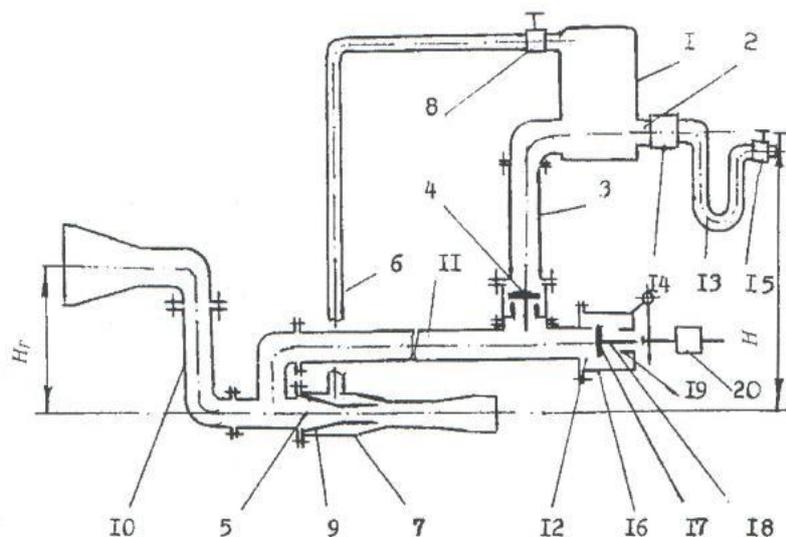
В 1989 году МЦ «Поиск» (Казахстан) [12] разработал гидротаранную насосную установку, параметры которой составили: подача 1-6 м³/час, напор 5-10 м, масса 300 кг, перепад высот не менее 0,5 м. Насосная установка не нашла применение из-за большой металлоемкости и длины питательного трубопровода (до 10-14 м) и дополнительных гидросооружений.

В 2001-2005 гг. в РГП «НПЦ Механизации сельского хозяйства» (Казахстана) [2,12,36,40,42,44,45,47 - 51] разработана конструкция напорно-вакуумной насосной установки УНВ-5-10 с приводом от энергии воды в водотоках (рисунок 1.4) по предпатенту КЗ №17787. Преимущество конструкции - совместное использование гидроударного давления от действия гидроударного клапана и вакуума от использования эжектора. Новизна технической схемы заключается в использовании в технологическом процессе водоподъёма совместного эффекта гидроударного и вакуумного напоров, повышая в 1,2 - 1,5 раза основные параметры насосной установки по сравнению с аналогами, а также в конструкции ударного клапана и эжектора.

Напорно-вакуумная насосная установка (рисунок 1.4) состоит из водонаполняемой емкости 1 со сливным клапаном 2, всасывающего водоподъемного трубопровода (прорезиненного рукава) 3 с обратным клапаном 4, напорного трубопроводом 11 с ударным клапаном 4, Z-образным трубопроводом 10 и эжектором 5 с вакуумным трубопроводом 6, соединённого через вентиль 8 с водонаполняемой емкостью [1,2].

Технологический процесс насосной установки. Вода, через погружённый в водоток фильтр приемного Z-образного трубопровода, поступает от напора водотока в трубопроводы напорной 11 и вакуумной 5. От скорости движения воды в напорном трубопроводе 11 гидроударный клапан 17 закрывается, создавая гидроударное давление в корпусе ударного клапана 16 и напорном трубопроводе 11, под действием которого вода подается через обратный клапан 4 во всасывающий водоподъемный трубопровод 3 и далее в водонаполняемую емкость 1.

Одновременно в эжекторе 5 создается разрежение и через вакуумный рукав 6 передается в водонаполняемую емкость 1, которая заполняется водой повсасывающему водоподъемному трубопроводу 3 от действия напора и вакуума. Из водонаполняемой емкости 1 вода, после открытия вентиля 15 гидрозатворной трубки 13, поступает к потребителю.



1-водонаполняемая емкость; 2,4,17-сливной, обратный и гидроударный тарельчатый клапаны; 3- всасывающий водоподъемный трубопровод; 5-эжектор; 6-вакуумный трубопровод; 7,9- пассивное и активное сопла; 8,15-вентили; 10- приемный Z-образный трубопровод; 11- гидроударный трубопровод; 12- ударный клапан в сборе; 13- гидрозатворная трубка; 15- корпус ударного клапана; 16- корпус ударного клапана; 18- направляющая клапана; 19-седло ударного клапана; 20- противовес; H, H_f – высота водоподъема, геометрический напор.

Рисунок 1.4- Техническая схема напорно-вакуумной насосной установки конструкции РГП «НПЦ Механизация сельского хозяйства»

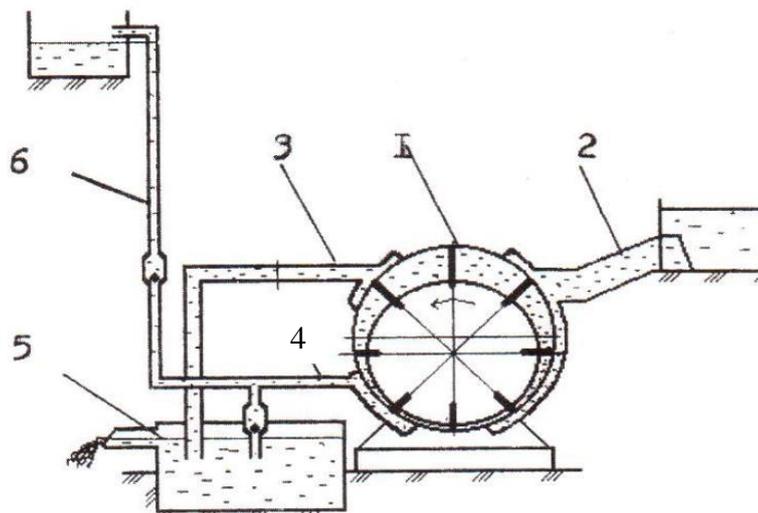
Разработана напорно-вакуумная насосная установка с параметрами: подача 1-5 м³/ч, напор 4-14 м, скорость воды в приемном фильтре не менее 1,2 м/с, напор водотока не менее 0,5 м, дебит водотока 0,01-0,05 м³/с, масса (без рукавов) 60 кг, диаметры рукавов: вакуумного - 12 мм, нагнетательного - 32 мм, КПД 0,4-0,7, срок службы не менее 7 лет.

Достоинство-повышается подача на 18-28% за счёт использования в технологическом процессе водоподъема гидроудара и вакуума.

Недостатки – сложная конструктивная схема.

В системе сельскохозяйственного водоснабжения, начиная с 2001 г., появилось новое направление прикладных исследований по разработке насосных установок с использованием кинетической энергии движущейся воды с активными роторно-пластинчатыми и гидротурбинными рабочими органами.

В 2001-2005гг.в новом направлении прикладных исследований в Нижегородской ГСХА (Россия) [32,33] проведены исследования по разработке насосной установки роторно-пластинчатого типа (рисунок 1.5).



1-роторно-пластинчатый насос; 2,3,4- патрубки впускной, сливной и нагнетательный; 5- сливная ёмкость; 6-нагнетательный трубопровод.

Рисунок 1.5 - Насосная установка с активным рабочим органом – ротором пластинчатого типа конструкции Нижегородской ГСХА

Достоинство - повышается подача от использования в технологическом процессе водоподъёма подсоса воды в вобопёмный трубопровод а счёт создаваемого вакуума.

Недостатки–сложная конструктивная схема насосной установки.

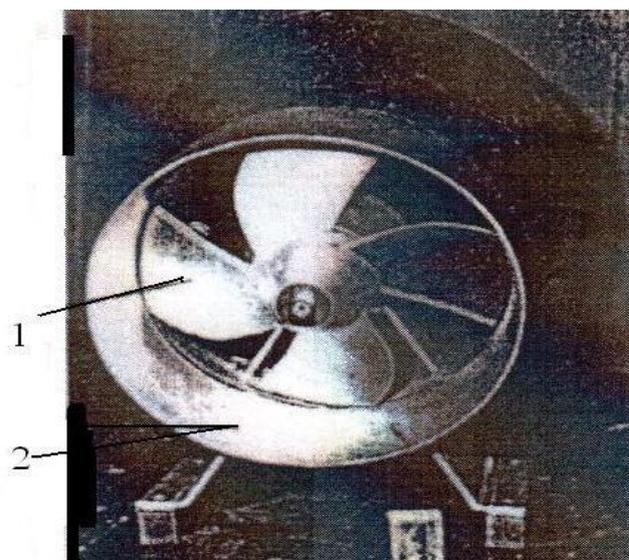
В 2001-2005 гг. в ГНУ ВИЭСХ (Россия) [34] и РГП «НПЦ МСХ» (Казахстан) [2,12] проведены прикладные исследования и разработаны конструкции гидротурбинных насосных установок для подъёма воды из водотоков на большую высоту с использованием гидроэнергии воды самих водотоков (рисунок 1.6).

Гидротурбинная насосная установка (турболифт) конструкции ГНУ ВИЭСХ состояла из гидротурбины 1 и насосного корпуса 2, гидротурбина которой приводилась во вращательное движение от кинетической энергии движущейся воды водотока (реки, канала и др.) и подавала часть из поступающей в гидротурбину воды через нагнетательный патрубок и шланг к потребителю.

Гидротурбинная насосная установка была разработана со следующими параметрами: подача 0,1-1,0 м³/час, напор-до 25 м, скорость воды в водотоке не менее 0,6 м/с, диаметр колеса гидротурбины 275 мм, масса 10 кг, диаметр водоподъёмного шланга 15 мм.

Достоинства –компактность конструкции и использование для привода гидроэнергии самого водотока.

Недостатки –имеет малую подачу, обладает вращающимися изнашиваемыми деталями.



1 – осевая гидротурбина; 2 – насосный корпус

Рисунок 1.6 - Насосная установка (турболифт) конструкции ГНУ ВИЭСХ

В 2014 году в ГНУ ВИЭСХ [35] разработан бесплотинный турбонасосный агрегат БТА (рисунок 1.7), состоящий из турбинного открытого колеса диаметром 0,7 м, центробежного вихревого насоса с приводом от вала турбины через мультипликатор с передаточным отношением 1:15, подачей насоса до 1-2 м³/час и напором более 10 м. Для работы необходим водоток, шириной 2-3 м, глубиной 1,5 м и скоростью водного потока 1,5-2,5 м/с. Разработан по патенту РФ №137060 (полезная модель).

Достоинства – простота конструктивного исполнения.

Недостатки – малая подача, обладает вращающимися изнашиваемыми деталями, конструкция насосной установки находится на стадии макетного образца.



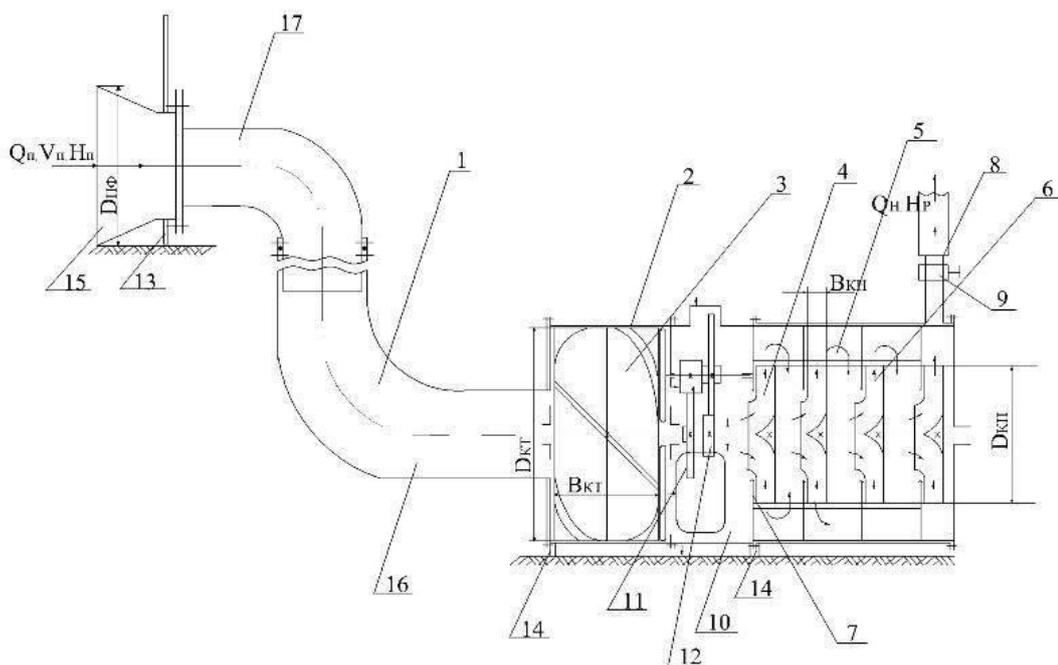
Рисунок 1.7 - Бесплотинный турбонасосный агрегат БТА конструкции ГНУ ВИЭСХ

Начиная с 2012 г. до настоящего времени в НАО КазНАИУ (Казахстан)

[2,9,10,11,38,41-43,46,52-54,56,60-62] разрабатываются конструкции насосных установок для подъёма воды из водотоков с использованием гидроэнергии воды самих водотоков трёх типов: гидротурбинного, напорно-вакуумного и гидротаранного, последний из которых разработан с непосредственным участием автора настоящей диссертации. Конструкции насосных установок двух первых типов имеют техническую новизну, защищены предпатентами и патентами КЗ [11,38,56,57], по сравнению с существующими аналогами улучшают энергетические показатели и увеличивают диапазон их использования по геометрическому напору.

Гидротурбинная насосная установка разработана в КазНАИУ в двух вариантах: с одинарной гидротурбиной (рисунок 1.8) и сдвоенной гидротурбиной (рисунок 1.9), которые защищены патентами на изобретение соответственно КЗ № 29674 и КЗ №34028 [56,57].

Новизна гидротурбинной насосной установки с одинарной турбиной заключается в конструкции приемных её частей, которые выполнены в виде Z-образной питательной трубы с телескопическим соединением для регулирования их по высоте водозабора и создания дополнительного подпора воды в приёмной части, и конструкции гидротурбины с радиально-осевым направлением потока воды.



1 – приемный фильтр; 2 – корпус турбины; 3 – колесо турбины; 4 – рабочее колесо насоса; 5 – направляющая колеса; 6 – корпус насоса; 7 – торцевая крышка; 8 – водоподающий рукав; 9 – вентиль; 10 – приемный переходник; 11,12 – зубчатые колеса; 13 – рама-щит; 14 – опора; 15 – входной конус с фильтром; 16,17 – верхний и нижний трубные патрубki.

Рисунок 1.8 – Конструктивно-технологическая схема гидротурбинной насосной установки конструкции КазНАИУ

Принцип работы ГНУ основан на преобразовании энергии воды в водотоке посредством гидротурбины в механическую энергию привода насоса (центробежного), создающего подачу и напор.

Гидротурбинная насосная установка с одинарной турбиной (рисунок 1.8)

Состоит из гидротурбинной (1,2,3), насосной (4-12) и удерживающей (13, 14) частей.

Гидротурбинная часть состоит из приёмного фильтра 1, корпуса 2 и рабочего колеса турбины 3 с приводным валом, вращающимся в подшипниках скольжения.

Приёмный фильтр 1 состоит из входного конуса с фильтром 15 и двух трубных патрубках 16 и 17, телескопически соединённых между собой.

На цилиндрический патрубок входного конуса 15 устанавливается рама-щит 13.

Насосная часть состоит из насоса центробежного, включающего четыре рабочих колеса 4 с приводным валом, направляющих 5, корпуса 6 с всасывающим и нагнетательным патрубками и торцевой крышки 7.

На нагнетательном патрубке установлен водоподъёмный рукав 8 с вентилем 9, а на всасывающем патрубке – приёмный переходник 10. Вал рабочего колеса вращается в подшипниках скольжения и приводится во вращательные движения от вала турбины через две пары одинаковых зубчатых колес 11 и 12.

Удерживающая часть состоит из рамы-щита 13, которая крепится на патрубке входного конуса с фильтром турбинной части, и опоры 14.

Гидротурбинная насосная установка со сдвоенной гидротурбинной (рисунок 1.9) состоит из гидротурбинной 1, насосной 2 и удерживающей 3 частей.

Гидротурбинная часть 1 состоит из корпуса 4 с приёмным фильтром 5, рабочего колеса 6 турбины с приводным валом 7, вращающимся в подшипниках скольжения, крышек входной 8 и выходной 9, приёмного переходника 10, зубчатых колёс 11 и 12 и промежуточного вала 13.

Насосная часть 2 состоит из центробежного насоса 14, включающего рабочие колеса 15 с приводным валом 16, направляющих 17, корпуса 18 с всасывающим 19 и нагнетательным 20 патрубками и крышек глухой 21 и торцевой 22. На нагнетательном патрубке 20 корпуса 18 установлен рукав 23 с вентилем 24, а вал 16 рабочего колеса 15 вращается в подшипниках скольжения с приводом от вала 7 турбины 1.

Приёмный фильтр гидротурбинной части выполнен из входного конуса с фильтром 25 и двух трубных патрубков 26 и 27 Z-образной формы, соединённых фланцево 28 с фильтром 25 и корпусом 4 гидротурбины с возможностью регулирования по высоте и ширине его расположения в виде телескопического

Соединения между собой двух трубных патрубков 26 и 27 и фланцевого соединения его крепления при помощи пазовых отверстий 29 по диаметру с корпусом 4 гидротурбины.

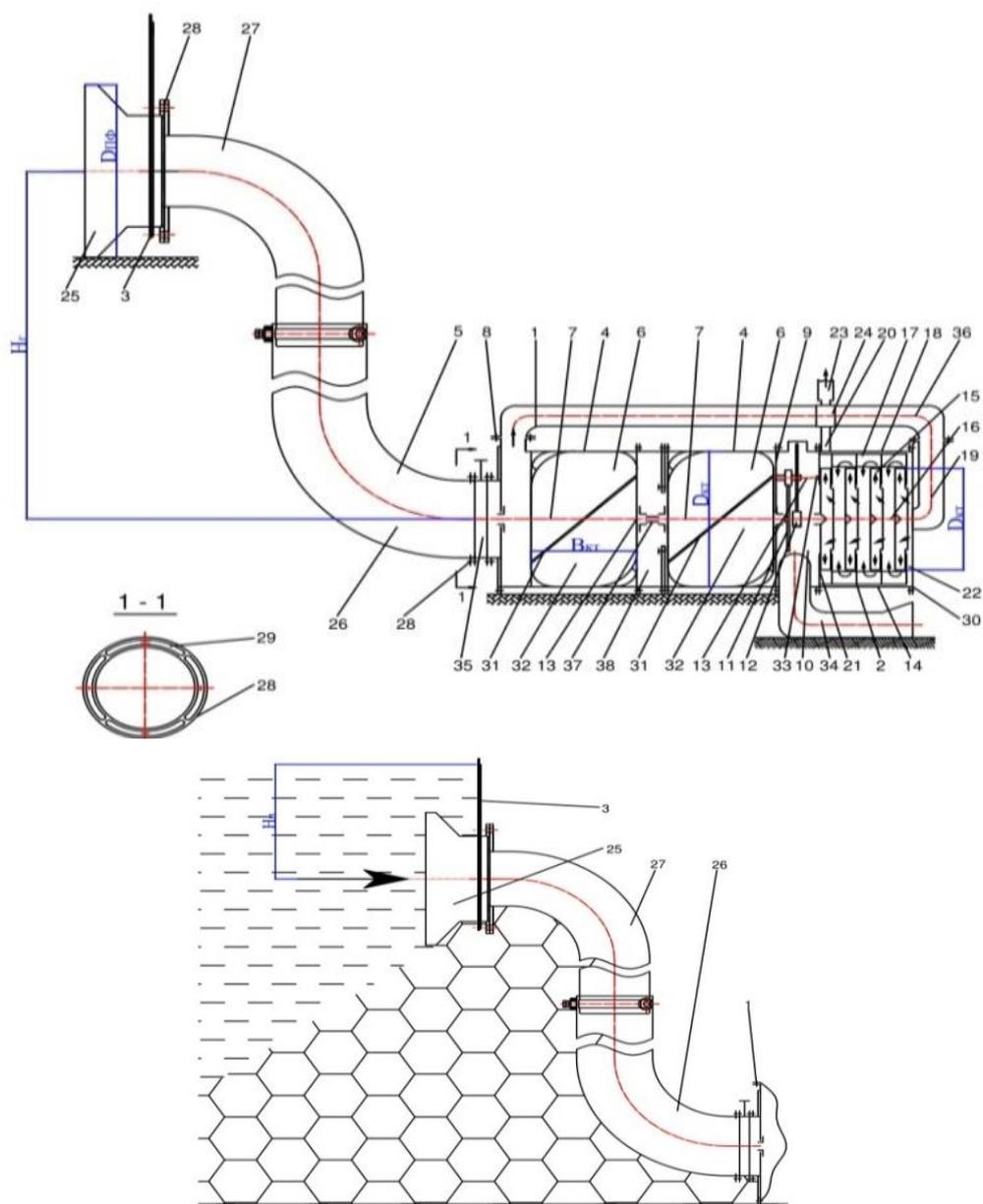


Рисунок 1.9 - Конструктивно-технологическая схема гидротурбинной насосной установки со сдвоенной турбиной конструкции КазНАИУ

В зависимости от условий применения насосной установки, например, для арычной системы, входной конус с фильтром 25 выполнен разъёмным и непосредственно соединяется с корпусом 4 турбинной части 1, при этом входной конус с фильтром 25 снабжен рамы-щитом 3 для увеличения подпора воды в водотоке предпрёмной частью и одновременно удержания насосной установки в водотоке и на поверхности опорой 30. Рабочее колесо 6 турбины с приводным валом 7 выполнено с лопатками 31, расположенными под 45° к оси вала 7 и плавным переходом их боковой симметричной поверхности 32, направленных противоположно друг к другу и жёстко соединённых с валом 7 рабочего колеса 6.

Насосная часть выполнена из центробежного насоса 14 в виде вала 16 с рабочими колесами 15, которые приводится во вращательное движение от вала

7 гидротурбины 1 через две пары одинаковых зубчатых колёс 11 и 12, размещённых в приёмном переходнике 10 и вращающихся на валах 7 рабочего колеса 6 турбины, рабочих колёс 15 насоса и промежуточного вала 13 в подшипниках скольжения 33, а приёмный переходник 10 гидротурбины 1 в нижней его части имеет отсасывающую трубу 34. Гидротурбинная насосная установка снабжена устройством для запуска и остановки гидротурбины в виде задвижки 35, установленной на входной крышке 8 корпуса 4 гидротурбины.

Всасывающая часть центробежного насоса 14 выполнена в виде напорного патрубка 19, соединённого трубопроводом 36 с входной частью корпуса 4 гидротурбины.

Гидротурбинная часть 1 выполнена из двух и более рабочих колёс 6 турбины с приводными валами 7, соосно установленных в корпусе 4 и соединённых между собой посредством муфты 37 и вращающихся в подшипниках скольжения, а корпус гидротурбинной части выполнен разъёмным и снабжён переходником 38 с фланцевым соединением.

Гидротурбинная насосная установка работает следующим образом. Поток воды через приёмный фильтр 5 гидротурбинной части 1, погруженный в водоток, при открытии задвижки 35 поступает за счёт геометрического напора H_g (от перепада высот погружения), создания дополнительного подпора воды в водотоке H_p рамы-щитом 3 и скоростного напора (от скорости движения воды) по трубопроводу приёмного фильтра 5, поступает в корпус 4 и распределяясь порциями, действует за счёт силы энергии воды на лопатки 31 рабочих колёс 6 турбин, приводя их во вращательное движение, которая через вал 7, муфту 37 и две пары зубчатых колёс 11 и 12 приводит во вращательное движение рабочие колёса 15 центробежного колеса 14.

Отработанная вода из гидротурбины поступает в приёмный переходник 10 и далее выходит через отсасывающую трубу 34 на поверхность водотока. Одновременно вода из напорной части корпуса 4 по трубопроводу 36 поступает под напором водотока во всасывающий патрубок 19 корпуса насоса, которая засасывается во внутреннее отверстие рабочего колеса 15 насоса и своими лопатками 31 через направляющие 17 нагнетается в нагнетательный патрубок 20 корпуса, при открытии вентиля 24 вода через рукав 23 поступает потребителю.

При закрытии вентиля 24, подача воды прекращается, однако насосная установка работает, создавая максимальный напор в нагнетательном патрубке 20 корпуса насоса.

При закрытии задвижки 35 прекращается поступление воды из водотока в гидротурбины 4 и на всасывание насоса 14, а при последующем открытии задвижки 35 и вентиля 24 процесс подачи воды потребителю продлевается.

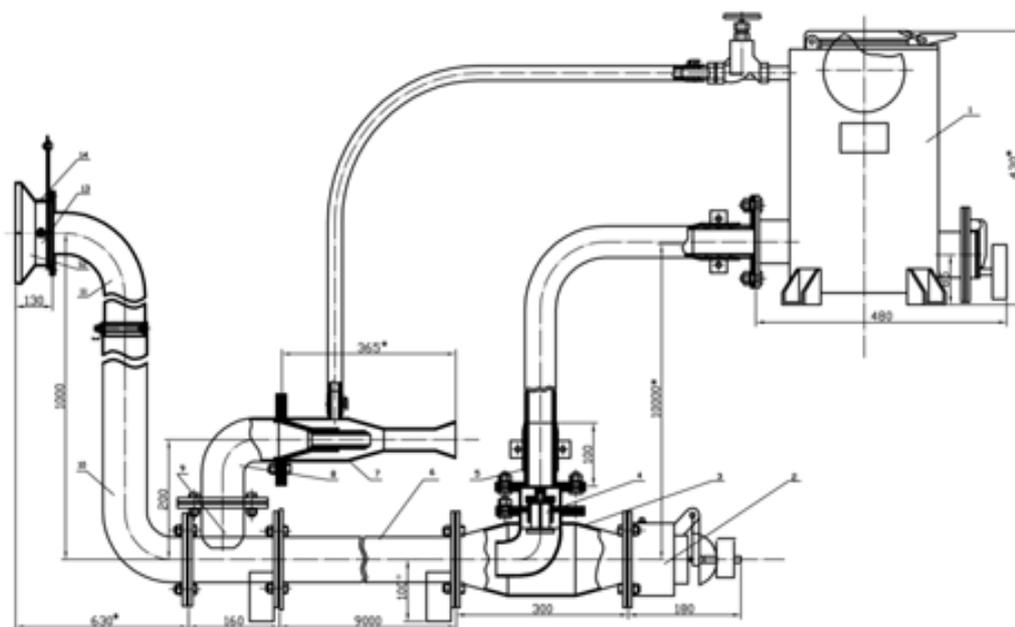
Гидротурбинная насосная установка со сдвоенной турбиной по сравнению с конструкцией с одинарной гидротурбиной обеспечивает улучшение её основных параметров: увеличение подачи, напора и КПД, а также повышение надёжности и упрощение техобслуживания гидротурбинной насосной установки.

Напорно-вакуумная насосная установка (рисунок 1.10) была разработана в КазНАИУ по патенту на изобретение KZ №29910 [36].

Конструктивно она состоит: из водонаполняемой ёмкости 1, ударного клапана в сборе 2, корпуса 3, обратного клапана в сборе 4, патрубка 5, секций водоподающих труб 6, эжектора 7, колена соединительного 8, корпуса переходного 9, патрубков нижнего 10 и верхнего 11, приёмной части 12, щитов нижнего 13 и верхнего 14.

Вода через погружённый в водоток приёмный фильтр поступает через патрубки верхней 11 и нижней 10 и колена соединительное 8 в секция водоподающих труб 6 и эжектора 7. Затем от скорости движения воды по секциям водоподающих труб 6 гидроударный клапан 2 закрывается, создавая гидроударное давление в корпусе ударного клапана и водоподающих трубах 6, под действием которого вода подается через обратный клапан 4 во всасывающий водоподъёмный трубопровод 3 и далее в водонаполняемую ёмкость 1.

Одновременно в эжекторе 7 создаётся разрежение и через вакуумный рукав передаётся в водонаполняемую ёмкость 1, которая заполняется водой из нагнетательного рукава от действия напора и вакуума. Из водонаполняемой ёмкости 1 вода, после автоматического открытия сливного клапана, поступает к потребителю.



1 – водонаполняемая ёмкость; 2 – ударный клапан в сборе; 3 – корпус;
4 – обратный клапан в сборе; 5 – патрубок; 6 – секция водоподающих труб; 7 – эжектор;
8 – колено соединительное; 9 – корпус переходной; 10,11 – патрубок нижний и верхний; 12 – приёмная часть; 13,14 – щит нижний и верхний.

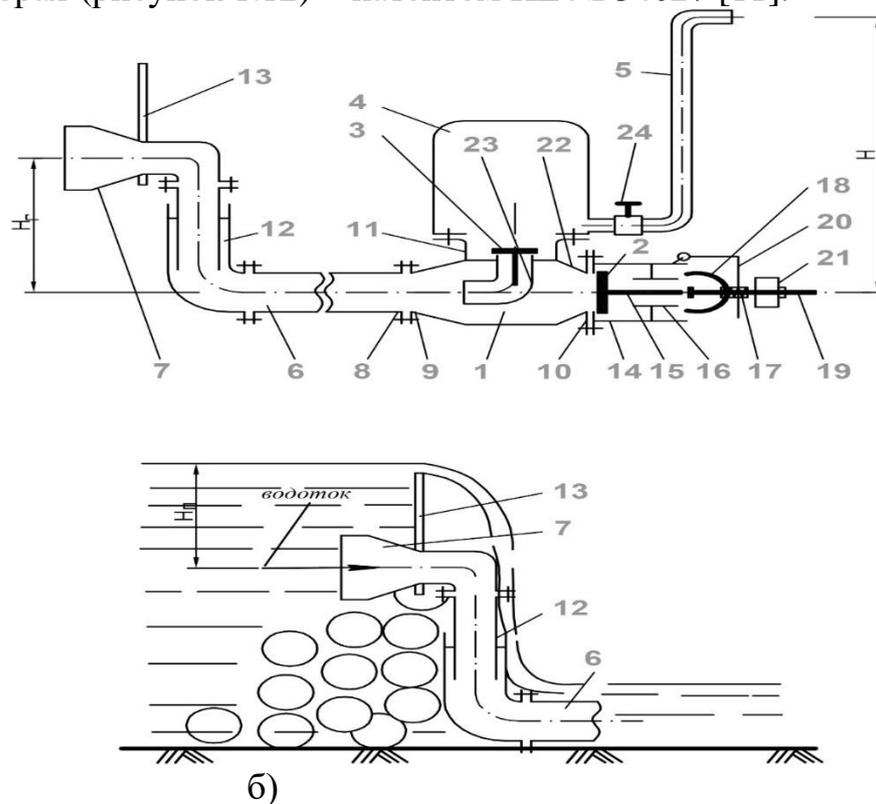
Рисунок 1.10 – Конструктивно-технологическая схема напорно-вакуумной насосной установки конструкции КазНАИУ

Напорно-вакуумная насосная установка была разработана со следующими параметрами: подача 1-5 м³/час, напор 4-14 м, скорость воды в приемном фильтре - не менее 1,2 м/с, напор водотока не менее 0,5 м, дебит водотока 0,01-0,05 м³/с, масса (без рукавов) - 60 кг, диаметры рукавов: вакуумного - 12 мм, нагнетательного - 32 мм, КПД - 0,4-0,7, срок службы - не менее 7 лет.

Достоинство - повышение подачи на 18-28% от совместного использования в технологическом процессе напорного давления и вакуума,

Недостатки - сложная конструктивная схема насосной установки.

Гидротаранная насосная установка разработана в КазНАИУ в двух вариантах, одна из которых, защищена предварительным патентом на изобретение KZ № 17789 (рисунок 1.11) [37] и патентом на изобретение KZ № 29911 [38], вторая-(рисунок 1.12) - патентом KZ № 34027 [11].



1- корпус ударного клапана; 2,3 – ударный и нагнетательный клапан; 4 – воздушный колпак; 5 – водоподающий трубопровод; 6 – питательная труба; 7 – приемная часть; 8 – выходная часть питательной трубы; 9, 10, 11 – патрубки входной, выходной и средней; 12 – телескопическое соединение; 13 – корпус ударного клапана; 14, 15 – тарельчатый клапан и направляющая; 16 – седло клапана; 17 –противовес; 18 – полусферический диск; 19, 20, 21 – шток, кронштейн и груз противовеса; 22 – вентиль;

а) – общий вид схемы насосной установки; б) – вид приемной части в водотоке;
H, Hг – высота водоподъема, геометрический напор.

Рисунок 1.11– Конструктивно-технологическая схема гидротаранной насосной установки конструкции КазНАИУ

Новизна гидротаранной насосной установки первого варианта заключается

в конструкции её приемных частей, которые выполнены в виде Z-образной питательной трубы с телескопическим соединением для регулирования их по высоте водозабора и создания дополнительного подпора воды в приёмной части. Конструкции гидроударного клапана, имеющего шарнирный противовес для его переключения с уравновешенным регулирующим в осевом направлении грузом и полусферическим диском с вогнутостью, направленной навстречу потоку воды, вытекающей через ударный клапан, обеспечивая изменения (ускорение) фактического времени закрытия ударного клапана, повышающего гидроударное давление.

Гидроударная насосная установка первого варианта (рисунок 1.11) состоит из корпуса 1 с ударным 2 и нагнетательными 3 клапанами, воздушного колпака 4 с водоподающим трубопроводом 5 и питательной трубы 6, приёмная часть 7 которой сообщена с водотоком, выходная часть 8 – с выходным патрубком 9 корпуса 1, а на выходном 10 и среднем 11 патрубках корпуса установлены ударный 2 и нагнетательный клапаны. Патрубок 11 нагнетательного клапана 3 соединён с воздушным колпаком 4.

Приёмная часть 7 питательной трубы 6 выполнена регулируемой по высоте при помощи телескопического соединения 12 трубопровода и снабжена рамой-щитом 13. Ударный клапан 2 включает цилиндрический корпус 14, внутри которого имеется тарельчатый клапан 15 с направляющей, соосно установленный в отверстии седла 16 и обратно перемещаемый от действия силы шарнирно подвешенного на цилиндрическом корпусе 14 противовеса 17. Корпус снабжён полусферическим диском 18 с вогнутостью, направленной навстречу потоку воды, вытекающей через отверстие седла 16 ударного клапана 2 и соосно установленного на штоке 19 с регулируемым осевым перемещением и фиксацией относительно плоскости седла 16. Устройство также снабжено с регулируемым осевым перемещением и фиксацией штока 19 по кронштейну 20 относительно торца направляющей тарельчатого клапана 15 и груза 21 по штоку 19 относительно кронштейна 20.

Корпус 1 с входным 9 и выходным 10 патрубками, ударным 2 и нагнетательным 3 клапанами выполнен в виде расширительного диффузорно-конфузорного патрубка 22 с коленом 23, соединённым с проходным сечением обратного клапана 3 воздушного колпака 4.

Снабжение приёмной Z – образной части питательной трубы с телескопическим соединением рамы-щитом и выполнение корпуса с входным и выходным патрубками, ударным и нагнетательными клапанами в виде расширительного диффузорно-конфузорного патрубка с коленом, соединённым с проходным сечением обратного клапана воздушного колпака, позволяет на коротком участке водотока использовать необходимый для технологического процесса геометрический перепад высот, эффективно использовать скоростной и гидроударный напоры способствующие увеличению диапазона использования геометрического напора, ускорению переключения ударного клапана, а также надёжному удержанию насосной установки в водотоке, что приводит к улучшению энергетических показателей: увеличению напора,

подачи, полезной мощности и КПД гидротаранной насосной установки. Для расширения области применения насосной установки, например в арычной системе по озеленению городских территорий, рама-щит выполнена в виде усеченной призмы по профилю лотков арычной системы.

Гидротаранная насосная установка по сравнению с аналогами имеет следующие технико-экономические преимущества:

- подъём воды из водотоков может осуществляться с использованием малой кинетической энергии движущейся воды при исходных напорах водотоков от 0,5 м и более.

- повышена эффективность использования кинетической энергии водотоков от суммарного использования геометрического, скоростного и гидроударного напоров.

- обеспечивается повышение энергетических показателей и расширение диапазона использования по высоте водоподъёма и подаче в сторону их увеличения за счёт эффективного использования кинетической энергии водотоков и совершенства принципиальной схемы насосной установки.

В целом, разработанная принципиальная схема гидротаранной насосной установки для подъёма воды из водотоков по сравнению с аналогами имеет новизну и преимущества.

Гидротаранная насосная установка по второму варианту (рисунок 1.12) состоит из питающего трубопровода 1 с ударным 2, нагнетательным 3 и обратным 4 эластичными клапанами, воздушного колпака 5 с водоподающим трубопроводом 6 и подпитывающей перемычкой 7 в приёмной части 8 с сетчатой решёткой 9 питающего трубопровода, создающей гидравлический перепад, при этом ударный клапан 2 расположен в камере 10 на выходе питающего трубопровода, нагнетательный клапан 3 - сверху камеры на плоском опорном седле 11 внутри, центрически расположенного и герметически соединённого с ним, воздушного колпака 5 с водоподающим трубопроводом 6, а обратный клапан 4 - на питающем трубопроводе. Питающий трубопровод 1 снабжен устройством 12 для запуска и остановки гидроударного процесса в виде задвижки, установленной на входе камеры 10 питающего трубопровода 1. Обратный клапан 4 питающего трубопровода установлен на выходе задвижки 12 и выполнен в виде осевого вертикально подвешенного эластичного плоского клапана 4, соприкасающегося с седлом 13, герметично соединённого с питающим трубопроводом 1, и расположенного внутри корпуса 14, герметично соединённого с питающим трубопроводом 1 и его камерой 10. При гидроударном процессе обратный клапан 4 перекрывает отверстие соприкасающегося седла 13 не полностью - на 2/3 площади его проходного сечения. Ударный клапан 2 выполнен в виде под углом подвешенного в горизонтальной плоскости эластичного плоского клапана, соприкасающегося с седлом 15 корпуса 16, герметично соединённого с камерой 10, питающего трубопровода, проходное отверстие 17 седла 15 выполнено цилиндрической или прямоугольной формой и связано с атмосферой. Водоподающий трубопровод 6 воздушного колпака 5 выполнен внутри колпака

с герметичным его исполнением и снабжён задвижкой 18.

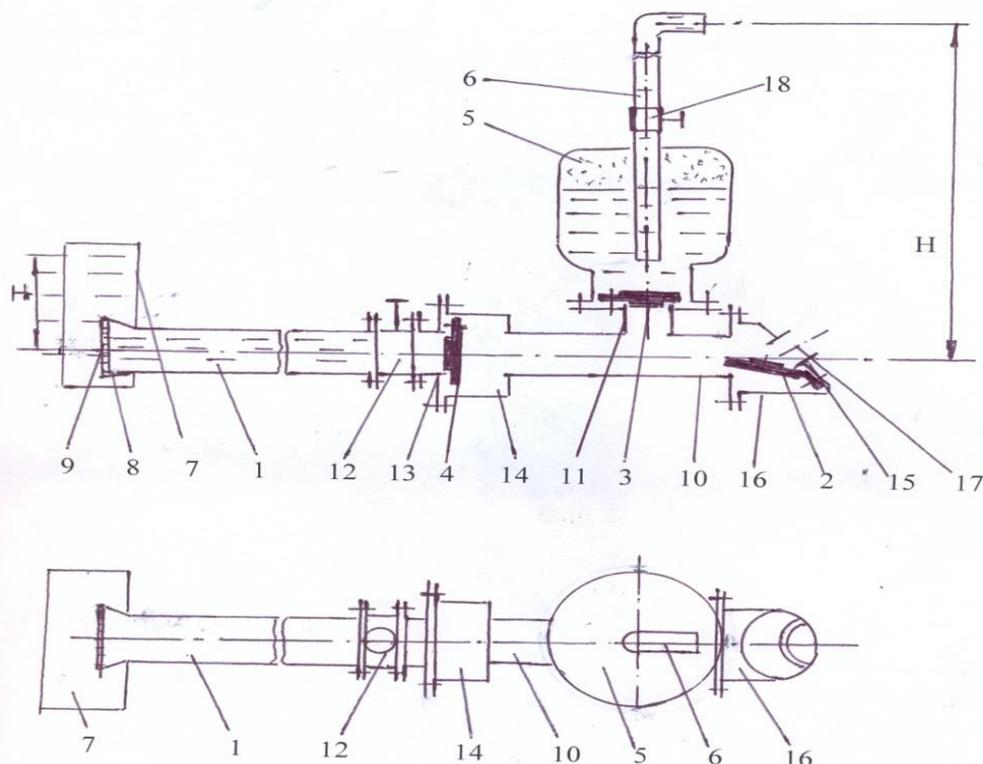


Рисунок 1.12 - Конструктивно-технологическая схема гидротаранной насосной установки конструкции КазНАИУ по второму варианту исполнения

Гидротаранная насосная установка работает следующим образом.

Вода водотока через приёмную часть 8 с сетчатой решёткой 9 питающего трубопровода 1, погружённую в водоток при закрытой задвижки 12 заполняет питающий трубопровод за счёт геометрического напора (от перепада высот погружения), создания дополнительного подпора воды в водотоке H_g от гидравлического перепада подпитывающей перемычки 7 и скоростного напора (от скорости движения воды) по питающему трубопроводу 1. При открытии задвижки 12 устройства для запуска и остановки гидроударного процесса вода с увеличенной скоростью устремляется в камеру 10 питающего трубопровода и через цилиндрическое отверстие 17 седла 15 вытекает с возрастающей скоростью наружу водотока, увлекая за собой эластичный ударный клапан 2 и создавая разрежение, в результате чего ударный клапан 2 быстро закрывается, создавая в камере 10 гидравлический удар, давление в которой становится больше, чем в воздушном колпаке 5, нагнетательный клапан 3 открывается и вода поступает в воздушный колпак 5. При этом одновременно от действия гидроудара закрывается обратный клапан 4, увеличивая продолжительность нагнетания воды в воздушный колпак при повышенном давлении. При падении давления воды в камере 10 питающего трубопровода 1, и действие ударной волны в обратную сторону создаётся разрежение и ударный клапан 2 от силы собственного веса и разрежения

откроется, а нагнетательный клапан 3 закроется. Вода из воздушного колпака 5 под давлением сжатого воздуха в его верхней части будет поступать при открытии задвижки 18 по водоподающему трубопроводу 6 к потребителю. В дальнейшем технологический процесс будет повторяться автоматический, при этом гидротаранная насосная установка будет работать при постоянной частоте закрытия и открытия ударного клапана, которая устанавливается автоматически в зависимости от исходных параметров водотока (геометрического и скоростного напоров). Для остановки гидроударного процесса задвижка 12 закрывается, а для полной остановки гидротаранной насосной установки закрывается задвижка 18 водоподающего трубопровода 6. При повторном запуске гидротаранной насосной установки вновь открывается задвижка 12, тем самым, запускается гидроударный процесс, а открытием задвижки 18 водоподающего трубопровода 6 подаётся вода потребителю на высоту Н и процесс работы гидротаранной насосной установки повторяется.

Новизна гидротаранной насосной установки второго варианта исполнения заключается: в снабжении питающего трубопровода устройством для запуска и остановки гидроударного процесса в виде задвижки, установленной на входе камеры питающего трубопровода; обратный клапан питающего трубопровода установлен на выходе устройства для запуска и остановки гидроударного процесса; ударный клапан выполнен в виде под углом подвешенного в горизонтальной плоскости эластичного плоского клапана, соприкасающегося с седлом корпуса, герметично соединенного с камерой питающего трубопровода, седло которого выполнено с проходным отверстием цилиндрической или прямоугольной формы и связано с атмосферой; обратный клапан питающего трубопровода выполнен в виде осевого вертикально подвешенного эластичного плоского клапана, соприкасающегося с седлом, герметично соединённого с питающим трубопроводом, и расположенного внутри корпуса, герметично соединенного с питающим трубопроводом и его камерой, который при гидроударном процессе перекрывает отверстие соприкасающегося седла не полностью - на $2/3$ площади его проходного сечения; водоподающий трубопровод воздушного колпака выполнен внутри колпака с герметичным его исполнением и снабжён задвижкой.

В результате предложенных элементов новизны, гидротаранная насосная установка конструкции КазНАИУ второго варианта исполнения обеспечивает повышение надёжности её работы, создания удобства и простоты техобслуживания, повышение энергетических параметров: гидроударного давления, подачи, напора и КПД.

Патентные исследования по насосным установкам с приводом от водной энергии показали, что в Казахстане, как и в других странах СНГ и за рубежом имеются технические решения насосных установок, тенденции развития которых направлены на технические решения рабочего органа семи типов: водоструйный насос, гидротаран, струйный аппарат, сифон, напорно-вакуумный, пластинчатый и гидротурбинный. Однако, на рынке их нет из-за

недостаточности проведённых по ним прикладных исследований. В эксплуатации находятся лишь традиционные насосные установки АНС-60Д, АН-2К-9-М1 с приводом от ДВС. При этом водоструйные насосные установки были предназначены лишь для подъема воды из шахтных колодцев и скважин, сифоны использовались в системе сельскохозяйственного полива орошаемых площадей. Напорно-вакуумный, роторно-пластинчатый и гидротурбинный типы являются новыми экспериментальными насосными установками, в которых подача и напор создаются у первого от гидроудара и вакуума, у второго и третьего активными вращающимися рабочими органами, исследования по ним продолжаются.

По типу создающего напора насосные установки имеют три направления развития: напор вакуумный за счёт разрежения в водоподъемной системе от струйного аппарата; напор гидроударный от гидротарана; напор нагнетательный от активного рабочего органа.

По технико-экономическим показателям применение насосных установок с использованием кинетической энергии движущейся воды имеет перспективное направление, позволяющее работать по энергосберегающей и экологически чистой технологиям водоподъёма, экономить дорогостоящее топливо и значительно сокращать (в 3-5 раз) эксплуатационные затраты.

Результаты патентных исследований. Результаты анализа конструктивных разработок по насосным установкам с приводом от водной энергии по странам СНГ и за рубежом показали, что для успешной разработки конструкций насосных установок для подъёма воды из водотоков, особенно для условий низконапорных водотоков с использованием не только в мелководных, но и глубоководных водотоках, необходимы новые совершенные схемы, обеспечивающие выполнение технологического процесса водоподъема и были просты в техническом решении. Некоторые положительные элементы технических решений в КазНАИУ были использованы при разработке конструктивно-технологических схем лабораторного и опытного образцов напорно-вакуумной и гидротаранной насосных установок.

Два типа насосных установок серийно выпускались промышленностью бывшего СССР: водоструйные насосные установки пяти типоразмеров: ВН-2-8, ВН-2Ц-6, ВН-2-Ш, ВН-1-4 и ВН-1-3; гидротараны четырех типоразмеров: ЕрПИИ-100,150 и 250; ТГ-1, ТГ- 2 и УИЖ-К100, однако в настоящее время их производство приостановлено, в республике они практически не применяются.

Анализ отобранных изобретений, патентов и технической литературы позволил для разработки новой усовершенствованной схемы насосной установки принять наиболее прогрессивные направления технических и технологических решений: тип рабочего органа - гидротаранный, техническое решение по патенту КЗ № 34027 «Гидротаранная насосная установка» [11], по которой в диссертационной работе проведены прикладные исследования по созданию усовершенствованной гидротаранной насосной установки для орошения земельных площадей и обводнения пастбищ в зонах водотоков на объектах АПК РК.

1.4 Анализ теоретических и экспериментальных исследований по известным разработкам насосных установок с использованием кинетической энергии водотоков.

Теоретические исследования по струйным аппаратам выполнены в ВИЭСХЛ.Г. Подвидзе, Ю.Л. Кирилловским и Л.Я. Кашековым [21], в результате которых даны теоретические предпосылки по струйному аппарату в безразмерной форме: зависимость относительного напора h (отношение полезного напора H_M к общему H) от основных его параметров: коэффициента K (отношение площади проходных сечений полезного (щелевое сечение)) $F_{щ}$ и рабочего (сечение активного сопла) F_c расходов и относительного расхода q (отношение полезного расхода Q_0 к рабочему Q_1).

Коэффициент полезного действия η_{ca} струйного аппарата определён по формуле:

$$\eta_{ca} = q \frac{h}{1 - h}, \quad (1.1)$$

где: $h = \frac{H_M}{H}$ - относительный напор; $q = \frac{Q_0}{Q_1}$ относительный расход.

Проведённые экспериментальные исследования по струйному аппарату были направлены на определение в нём потерь и определения эмпирической формулы по определению относительного напора h в зависимости от относительного расхода q :

$$h = \frac{34 + (1 + q)^2}{16,5 + 34(1 + q)^2}, \quad (1.2)$$

Экспериментально определены коэффициенты сопротивлений в струйном аппарате, которые составили: в активном сопле - 0,06-0,08, камере смещения - 0,026-0,040, диффузоре - 0,20-0,24. Экспериментально установлено влияния на относительный расход q оказывает относительно сопла от цилиндрической части смесительной камеры, рекомендуемый с коэффициентом 0,7-0,9 от внутреннего диаметра сопла.

Была разработана методика расчёта водоструйных насосных установок, экспериментальные исследования которых проводились при подъёме воды из шахтных колодцев и скважин и сводились к определению основных параметров струйных насосных установок: подачи $Q_{ну}$, потребляемой мощности $N_{ну}$ и КПД $\eta_{ну}$ при изменении рабочих напоров от 20 до 55 м. При малых рабочих напорах струйных насосных установок исследования не проводились.

Теоретические и экспериментальные исследования А.В.Хохлова и

В.А.Хохлова [25] при разработке саморегулирующегося струйного насоса были направлены на разработку теоретических предпосылок технологического процесса откачки вод из зданий насосных и электрических станций, на основании которых предложена зависимость по определению напора саморегулирующегося струйного насоса. Экспериментальные исследования были направлены на изучение влияния относительного открытия сопла саморегулирующегося струйного насоса при разных значениях рабочего напора и постоянном расходе откачиваемой воды. Определено оптимальное значение открытия сопла, которое составило не менее 0,6, а при его уменьшении напор резко падает из-за увеличения гидравлических сопротивлений в проточной части струйного насоса. Экспериментальные исследования проведены со следующими параметрами струйного насоса: диаметром сопла — 15 мм и диаметром смесительной камеры - 22,5 мм. Получены следующие результаты: при изменении рабочего напора от 15 до 24 м, напор струйного насоса изменялся от 6 до 10 м.

Наиболее обстоятельно даны теоретические исследования технологического процесса гидротаранной насосной установки в прикладной гидромеханике М.А. Мостковым [28]. В своих исследованиях автор рассматривает технологический процесс водоподъём с использованием гидроудара при определённой длине питающего трубопровода, в котором при внезапном закрытии ударного клапана создаётся гидроударное давление, в результате некоторое количество воды нагнетается в водоподъёмную систему, а при падении давления нагнетательный клапан закрывается и открывается ударный клапан, вода в питающем трубопроводе вновь начинает своё ускоренное движение, изливаясь через проходное отверстие седла ударного клапана, который вновь закрывается, создавая гидроударное давление и процесс водоподъёма повторяется.

При теоретических исследованиях рассматриваются два периода протекающего технологического процесса: разгона и нагнетания, на основании уравнений затрат энергии, определяются временные показатели - продолжительность разгона и нагнетания и расход воды для каждого периода. В результате даётся формула по определению КПД η гидротаранной насосной установки:

$$\eta = \left(\frac{v_{yh}}{v_{yp}} \right)^2 \cdot \frac{\ln \left[1 + \left(\frac{v_T - u}{v_{yh}} \right)^2 \right]}{\ln \left[1 - \left(\frac{v_T}{v_{yp}} \right)^2 \right]}, \quad (1.3)$$

где: v_{yp} , v_m - скорость жидкости установившаяся и максимальная в питающем трубопроводе в периоде разгона, м/с;

v_{yh} - скорость жидкости, установившейся в периоде нагнетания, м/с;

u - скорость жидкости, соответствующая давлению гидравлического удара, м/с.

Согласно формуле (1.3) значение КПД гидротаранной насосной установки

может составить от 0,40 до 0,72.

Однако, полученная формула (1.3) по определению КПД очень сложная для практического применения.

Теоретические и экспериментальные исследования по технологическому процессу гидротаранной насосной установки были проведены в Ереванском политехническом институте [7,27], теоретические предпосылки которой направлены на определение основных технологических параметров гидротаранной насосной установки: подачи, напора и КПД. Экспериментальные исследования показали, что подача и коэффициент полезного действия ГНУ зависят от отношения напоров $\frac{H_n}{h_p}$ (нагнетательного H_n к рабочему h_p).

Для упрощения определения КПД η гидротаранной насосной установки предложена для практического пользования эмпирическая формула её определения в зависимости от отношения $\frac{H_n}{h_p}$:

$$\eta = 0,93 - 0,02 \frac{H_n}{h_p} \quad (1.4)$$

Согласно формуле (1.4) КПД при увеличении отношения $\frac{H_n}{h_p}$ от 2 до 20 уменьшается от 0,85 до 0,30, а отношение подачи гидротаранной насосной установки к общему расходу воды в питающем трубопроводе находится в пределах 0,1-0,5, т.е. более 50% воды сбрасывается через ударный клапан.

Н.Е.Жуковским [16] впервые дана теория физического процесса гидроудара в водопроводных трубах, в результате которой предложена формула по определению максимального гидроударного напора H_y в трубопроводе при прямом гидравлическом ударе:

$$H_y = 1/g \cdot (v_0 - v_1) \cdot a, \text{ м} \quad (1.5)$$

где: v_0, v_1 - скорость воды в трубопроводе начальная и конечная в процессе регулирования, м/с;

a - скорость распространения ударной волны, м/с;

g - ускорение свободного падения, м/с².

Эта формула (1.5) справедлива при времени регулирования t_p расхода, удовлетворяющему условию $0 \leq t_p \leq 2L/a$, где L - длина трубопровода от места регулирования, что ограничивает её применение в процессах с непрямым гидравлическим ударом.

По экспериментальным данным установлено, что прямой гидравлический удар протекает, когда время процесса регулирования расхода воды в трубопроводе не превышает 0,02 с.

В результате анализа известных теоретических и экспериментальных исследований гидротаранных насосных установок с использованием кинетической энергии в потоках показал, что они были направлены на изучение

технологических процессов и обоснование параметров конкретных принципиальных схем водоструйных и гидротаранных насосных установок.

Однако, в известных нам работах не полностью исследованы: технологический процесс водоподъёма гидротаранной насосной установкой из водотока и протекающие процессы в гидроударном устройстве в зависимости от геометрического и скоростного напора и общего расхода подаваемой воды из водотока. Некоторые известные теоретические основы и экспериментальные исследования учтены в диссертации по исследованию гидротаранной насосной установки для подъёма воды из водотоков.

На основании анализа состояния вопроса установлено, что в настоящее время для механизации водоснабжения фермерских и крестьянских хозяйств из открытых водоисточников, в том числе из водотоков, как в Республике Казахстан, так и странах СНГ и за рубежом были использованы два конкурирующих направления:

- традиционные напорные насосы (центробежные, винтовые, поршневые, пневматические и др.) с электрическим (от электродвигателя) и тепловым (от ДВС) приводами;

- специальные насосы с приводом от кинетической энергии движущейся воды: типа гидравлического тарана и с активными роторно-пластинчатыми и гидротурбинными рабочими органами, в которых подача и напор создаются за счёт энергии потока воды от геометрического и скоростного напоров исполнительными устройствами или рабочими органами.

Основные недостатки первого направления - большие энергозатраты и расход топлива; второго направления - низкий КПД, требует дополнительных гидросооружений, а также совершенствование технологии водоподъёма из водотоков.

В настоящей работе принято второе направление - использование специальной насосной установки типа гидравлического тарана, в которой подача и напор создаются за счёт создаваемого в питающем трубопроводе гидравлического удара от периодического закрытия и открытия в нём ударного клапана.

Принятое направление технологического процесса и его совершенствование устраняет имеющиеся недостатки, является перспективным в современных условиях и требует проведения прикладных исследований водоподъёма из водотоков.

Общий вид гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ фермерских и крестьянских хозяйств АПК РК в комплекте с водопойным пунктом, показан на рисунке 1.13.

Гидротаранная насосная установка в комплекте с водопойным пунктом (рисунок 1.13) состоит из типового водопойного пункта, оборудованного двойными резервуарами для поднятой воды в объёме 10 м^3 23, водопойных корыт для поения животных 26, водоисточника (водотока) и гидротаранной насосной установки - из приемной части 1, ударного и нагнетательного клапана 2,3, воздушного колпака 4, водоподающего трубопровода 5,

питательной трубы 6, корпуса ударного клапана 7, выходной части питательной трубы 8.

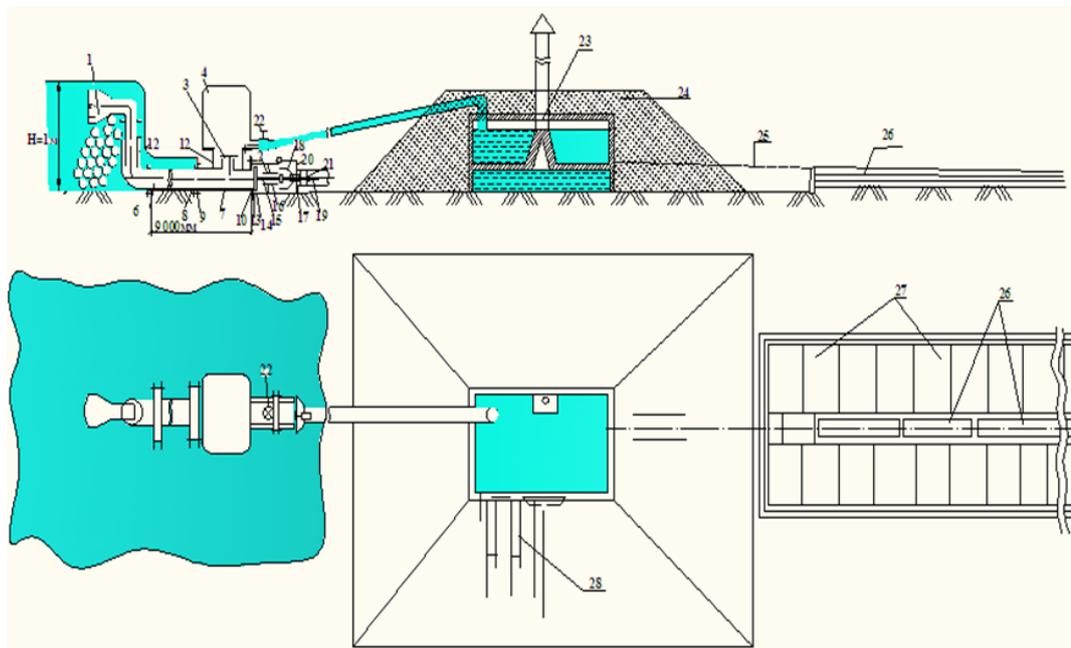


Рисунок 1.13 – Общий вид гидротаранной насосной установки в комплекте с водопойным пунктом для обводнения пастбищ.

Выводы по разделу 1

1. Повышение эффективности водоснабжения сельских потребителей АПК в рыночных условиях может быть достигнуто правильным выбором и применением водоподъёмного оборудования нового поколения, в том числе насосных установок с приводом от кинетической энергии движущейся воды в водотоках.

2. Проведённые патентные исследования и анализа существующих насосных установок с приводом от кинетической энергии движущейся воды показали, что они разрабатывались по четырём апробированным типам: водоструйный, гидроэлеваторный, гидротаранный и сифонный, а также по двум разрабатываемым типам: роторно-пластинчатый и гидротурбинный, что позволило принять наиболее прогрессивные направления технических и технологических решений, а именно тип рабочего органа – гидротаранный.

3. Анализ существующих теоретических и экспериментальных исследований насосных установок с приводом от кинетической энергии движущегося потока воды показал, что они были направлены на изучение технологических процессов и обоснование параметров разработанных исследователям и собственных схем водоструйных и гидротаранных насосных установок. Исследования по совершенствованию гидротаранной насосной установки для орошения земель и обводнения пастбищ не проводились, на основании чего определены задачи дальнейших исследований.

2 РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАБОРА ВОДЫ ИЗ ВОДОТОКОВ

2.1 Методика обоснования конструктивно-технологической схемы гидротаранной насосной установки с приводом от гидравлической энергии водотоков

Задачей обоснования и разработки конструктивно-технологической схемы усовершенствованной гидротаранной насосной установки является создание насосной установки с улучшенными параметрами: увеличением подачи, напора и КПД, типоразмеры которой могли бы использоваться как для орошения земель, так и для обводнения пастбищ в зонах прилегающих водотоков.

На основании анализа существующих типов аналогичных по назначению насосных установок и природно-натурных факторов выбирается необходимый тип усовершенствованной гидротаранной насосной установки.

Для выбранного типа гидротаранной насосной установки разрабатываются основные требования, обеспечивающие выполнение технологического процесса водоподъёма при использовании прогрессивных технических решений основных и вспомогательных узлов, их конструктивную простоту и надёжность в работе.

2.2 Основные требования, предъявляемые к принципиальной схеме гидротаранной насосной установки и установленного типа

Водоструйный тип насосной установки может поднимать воду из значительных глубин (до 120 м), в технологическом процессе используются эффекты напора и разряжения, однако их установка металлоёмкая, напор создаётся искусственно центробежным насосом, требующим электрическую или тепловую энергию для его привода.

Гидроэлеваторный тип насосной установки прост по конструкции, в технологическом процессе водоподъёма используется разряжения, поэтому насосная установка может подавать воду на небольшую высоту (до 6-8 м).

Гидротаранный тип насосной установки может создавать большой напор (до 150 м), в технологическом процессе использует эффект гидравлического удара и перепад естественного давления, однако его установка требует большой металлоёмкости, нуждается в дополнительных гидротехнических сооружениях и имеет значительную длину (до 10 -14 м) питающего трубопровода.

Сифонный тип насосной установки значительно прост по конструкции, имеет меньшую металлоёмкость, по сравнению с другими типами, в технологическом процессе используется неразрывность струи, однако имеет малую высоту водоподъёма (до 0,5 м) и ограничен условием применения

уровень разлива воды из трубопровода должен быть не выше уровня приёмной его части.

Роторно-пластинчатый тип насосной установки сложен в конструктивном исполнении, имеет активный вращающийся рабочий орган в виде роторно-пластинчатого насоса в специальном исполнении, требующим дополнительной сливной ёмкости; в технологическом процессе для привода используется геометрический напор водоисточника, агрегат не требует длинного питающего трубопровода, однако конструкция данного типа ещё не апробирована и требует дополнительных исследований.

Гидротурбинный тип насосной установки имеет активный вращающийся рабочий орган в виде центробежного насоса специального исполнения, имеет малую металлоёмкость, не требует питающего трубопровода, конструкция ГНУ ВИЭСХ [34] апробирована с положительным результатом, однако имеет малую подачу, до 1 м³/час, но достаточный напор до 25 м и может быть использована в мелководных водотоках.

Для прикладных исследований принят гидротаранный тип насосной установки, как наиболее простой в техническом решении и перспективный в рыночных условиях.

На основании анализа рассмотренных типов насосных установок с использованием кинетической энергии движущейся воды нами установлено, что при разработке конструктивно-технологической схемы экспериментального образца усовершенствованной гидротаранной насосной установки, как для орошения земель, так и для обводнения пастбищ конструкция должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать выполнение технологического процесса водоподъёма из водотоков с малыми исходными параметрами: напором водотока от 0,5 м и более и скорости течения воды от 1,5 м/с и более;

- использовать потенциальную и кинетическую энергию воды в самих водотоках для технологического процесса водоподъёма гидротаранной насосной установки из водотоков: от геометрического и скоростного напоров;

- применять наиболее прогрессивные технические решения основных и вспомогательных узлов для надёжного выполнения технологического процесса в гидротаранной насосной установке;

- использовать простоту технических решений основных и вспомогательных узлов и надёжность выполнения технологического процесса водоподъёма, а также соблюдения техники безопасности при эксплуатации гидротаранной насосной установки.

2.3 Выбор принципиальной схемы гидроударного устройства и разработка конструктивно-технологической схемы усовершенствованной гидротаранной насосной установки

На основании обоснованной технологии водоподъёма из водотоков были рассмотрены три конструктивно-технологические схемы насосных установок:

- гидротурбинная, в которой энергия воды в водотоке посредством

гидротурбины преобразуется в механическую энергию (вращательное движение), приводя в движение насос (центробежный, осевой и др.). При этом последний создаёт необходимую подачу и напор;

- напорно-вакуумная, в которой для создания подачи и напора используется совместный эффект напора от гидравлического удара (за счет использования гидроударного клапана) и вакуума (от использования эжектора);

- гидротаранная, в которой подача и напор создаются за счет использования энергии скоростного и геометрического напоров воды в водотоке и создающего явление гидравлического удара в напорной водоподающей системе за счет автоматического открытия и закрытия движения потока воды гидроударным клапаном, в установке нет вращающихся и перемещаемых частей.

Результаты анализа конструктивных разработок и исследований показали, что ни одна из конструкций в настоящее время не имеет широкого применения из-за их несовершенства и ограниченного объема проведенных исследований, поэтому необходимы новые перспективные схемы насосных установок и проведение по ним теоретических и экспериментальных исследований.

В этой связи в основу наших исследований положена гидротаранная насосная установка, как наиболее простая по техническому решению, создающая наибольший напор и подачу, которая может эффективно использоваться как для орошения земель, так и для обводнения пастбищ в зонах прилегающих водотоков.

В качестве аналога для разрабатываемой конструктивно-технологической схемы гидротаранной насосной установки принято техническое решение по патенту KZ № 34027 [11], которая в работе усовершенствована и подана заявка на Евразийский патент.

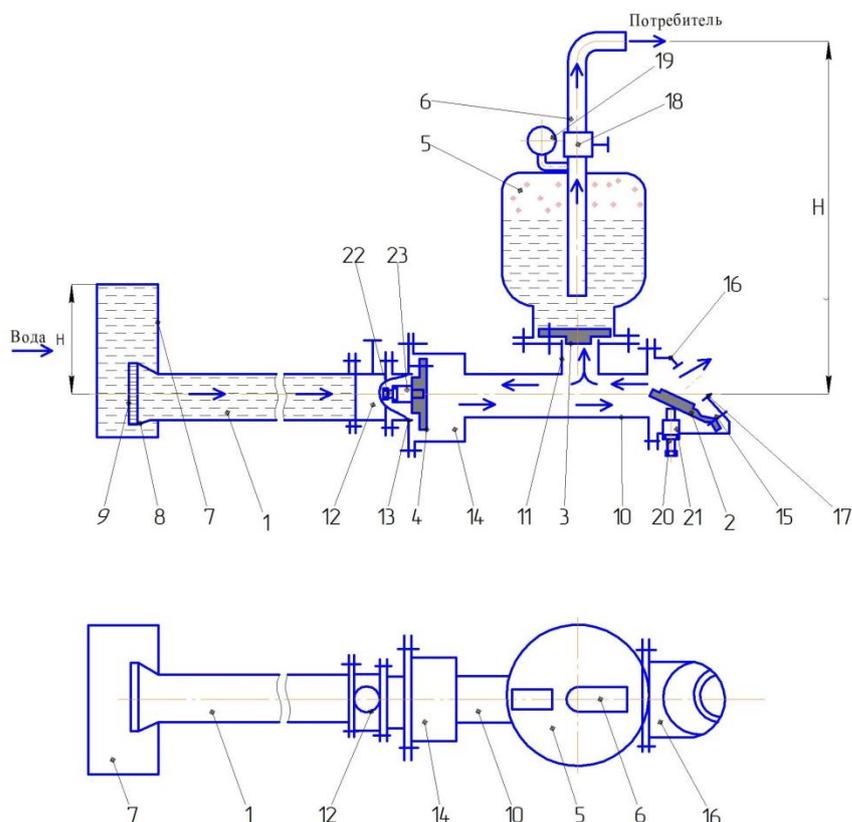
Конструктивно-технологическая схема обоснованной и разработанной гидротаранной насосной установки для подъёма воды из водотоков показана на рисунке 2.1.

Гидротаранная насосная установка (рисунок 2.1) состоит из питающего трубопровода 1 с ударным 2, нагнетательным 3 и обратным 4 эластичными клапанами, воздушного колпака 5 с водоподающим трубопроводом 6 и подпитывающей перемычкой 7 на приёмной части 8 с сетчатой решёткой 9 питающего трубопровода, создающей гидравлический перепад [9, 11, 62].

При этом ударный клапан 2 расположен в корпусе 16, соединённом с камерой 10 на выходе питающего трубопровода, нагнетательный клапан 3 находится сверху камеры, на плоском опорном седле 11, внутри центрически расположенного и герметически соединённого с ним воздушного колпака 5 с водоподающим трубопроводом 6, а обратный клапан 4 – на питающем трубопроводе.

Питающий трубопровод 1 снабжен устройством 12 для запуска и остановки гидроударного процесса в виде задвижки, установленной на входе камеры 10 питающего трубопровода 1. Обратный клапан 4 питающего трубопровода установлен на выходе задвижки 12 и выполнен в виде осевого

вертикально подвешенного эластичного плоского клапана 4, соприкасающегося с седлом 13, герметично соединённого с питающим трубопроводом 1, и расположенного внутри корпуса 14, герметично соединённого с питающим трубопроводом 1 и его камерой 10.



1-питающий трубопровод; 2,3,4-ударный, нагнетательный и обратный эластичные клапаны; 5- воздушный колпак; 6- водоподающий трубопровод; 7- подпитывающая перемычка; 8- приёмная часть питающего трубопровода; 9- решетчатая сетка; 10-камера питающего трубопровода; 11-опорное седло нагнетательного клапана; 12-устройство для запуска и остановки гидроударного процесса (завдвижка); 13-седло обратного клапана; 14- корпус обратного клапана; 15- седло ударного клапана; 16-корпус ударного клапана; 17-проходное отверстие седла ударного клапана; 18-вентиль; 19-манометр; 20,22-упорный винт; 21,23-штулка; H_g, H создающий гидравлический перепад и высота водоподъема.

Рисунок 2.1 - Конструктивно-технологическая схема усовершенствованной гидротаранной насосной установки

При этом обратный клапан 4 снабжён регулируемым ограничителем хода его закрытия, выполненного в виде двух упорных винтов 22, соприкасающихся с внутренней поверхностью обратного клапана и перемещаемых посредством резьбового соединения во втулках 23, жёстко соединённых с фланцем корпуса 14, и фиксирующих контргайками.

Ударный клапан 2 выполнен в корпусе 16, фланцево и герметично соединённом с камерой 10 питающего трубопровода 1, под углом подвешенного в горизонтальной плоскости эластичного плоского клапана 2, соприкасающегося с седлом 15 корпуса 16. При этом ход ударного клапана выполнен регулируемым на оптимальный режим его работы посредством снабжения корпуса 16 ударного клапана 2 упорным винтом 20, соприкасающимся с наружной поверхностью клапана 2 и перемещаемый посредством резьбового соединения во втулке 21 и фиксирующего контргайкой.

Проходное отверстие 17 седла 15 выполнено цилиндрической или прямоугольной формой по площади, равной проходному сечению камеры 10 ударного клапана 2 и связано с атмосферой. Приёмная часть 8 питающего трубопровода 1 снабжена решетчатой сеткой 9, а водоподающий трубопровод 6 воздушного колпака 5 выполнен внутри колпака с герметичным его исполнением и снабжён задвижкой 18 и манометром 19 [11,62].

Технологический процесс гидротаранной насосной установки (вариант 2) (рисунок 2) осуществляется следующим образом.

Вода водотока через приёмную часть 8 с сетчатой решёткой 9 питающего трубопровода 1, погружённой в водоток при закрытой задвижки 12 заполняет питающий трубопровод за счёт геометрического (от перепада высот погружения), создания дополнительного подпора воды в водотоке Нг от гидравлического перепада подпитывающей перемычки 7 и от скоростного напора (от скорости движения воды) по питающему трубопроводу 1. При открытии задвижки 12 устройства для запуска и остановки гидроударного процесса вода с повышенной скоростью устремляется в камеру 10 питающего трубопровода и через цилиндрическое или прямоугольное отверстие 17 седла 15 корпуса 16 вытекает с возрастающей скоростью в наружу, увлекая за собой эластичный ударный клапан 2, и создавая разрежение.

В результате этого ударный клапан 2 быстро закрывается, создавая в корпусе 16 ударного клапана и в камере 10 гидравлический удар, давление в которых становится больше, чем в воздушном колпаке 5; нагнетательный клапан 3 открывается, и вода поступает в воздушный колпак 5. При этом одновременно от действия гидравлического удара закрывается обратный клапан 4 до винтовых упоров 22, увеличивая продолжительность нагнетания воды в воздушный колпак при повышенном давлении.

При падении давления воды в камере 10 питающего трубопровода 1 и действия ударной волны в обратную сторону создаётся разрежение, и ударный клапан 2 от силы собственного веса и разрежения открывается, а нагнетательный клапан 3 закрывается.

Вода из воздушного колпака 5 под давлением сжатого воздуха в его верхней части будет поступать при открытии задвижки 18 по водоподающему трубопроводу 6 к потребителю, которое контролируется по манометру 20.

В дальнейшем технологический процесс будет повторяться

автоматический, при этом гидротаранная насосная установка будет работать при оптимальной частоте закрытия и открытия ударного клапана, которая устанавливается в зависимости от исходных параметров водотока (геометрического и скоростного напоров) и регулирования хода ударного клапана упорным винтом 20.

Для остановки гидроударного процесса задвижка 12 закрывается, а для полной остановки гидротаранной насосной установки также закрывается задвижка 18 водоподающего трубопровода 6.

При повторном запуске гидротаранной насосной установки вновь открывается задвижка 12, тем самым запускается гидроударный процесс, а открытием задвижки 18 водоподающего трубопровода 6 подаётся вода потребителю на высоту H , и процесс работы гидротаранной насосной установки повторяется [11,62].

Усовершенствованная гидротаранная насосная установка по сравнению с аналогами имеет преимущества и существенные отличия.

Питающий трубопровод снабжен устройством для запуска и остановки гидроударного процесса, обратный клапан питающего трубопровода установлен на выходе устройства для запуска и остановки гидроударного процесса, а ударный клапан выполнен в виде подвешенного в горизонтальной плоскости эластичного плоского клапана, соприкасающегося с седлом корпуса, герметично соединенного с камерой питающего трубопровода и выполненного с регулируемым ходом закрытия ударного клапана.

Обратный клапан питающего трубопровода выполнен в виде осевого вертикально подвешенного эластичного плоского клапана, соприкасающегося с седлом, герметично соединённого с питающим трубопроводом, и расположенного внутри корпуса, герметично соединенного с питающим трубопроводом и его камерой и снабжён регулируемым ограничителем хода его закрытия.

Устройство для запуска и остановки гидроударного процесса выполнено в виде задвижки, установленной на входе камеры питающего трубопровода.

Регулирование хода ударного клапана выполнено посредством снабжения корпуса ударного клапана упорным винтом, соприкасающимся с наружной поверхностью клапана и перемещаемого посредством резьбового соединения во втулке, жёстко соединённой с корпусом и фиксирующего контргайкой.

Регулируемый ограничитель хода закрытия обратного клапана питающего трубопровода выполнен в виде двух упорных винтов, соприкасающихся с внутренней поверхностью обратного клапана и перемещаемых посредством резьбового соединения во втулках, жёстко соединённых с фланцем корпуса, и фиксирующих контргайками.

Таким образом, основным преимуществом предлагаемой конструктивно-технологической схемы гидротаранной насосной установки является повышение надёжности работы насосной установки, создания удобства и простоты техобслуживания и повышение энергетических показателей гидротаранной насосной установки, в том числе гидроударного давления,

подачи, напора и КПД [23].

Выводы по разделу 2

1. Разработана усовершенствованная конструктивно-технологическая схема гидротаранной насосной установки для подъёма воды из водотоков с регулируемым ходом гидроударного клапана и регулируемым закрытием обратного клапана на оптимальный режим их работы с улучшенными параметрами, типоразмеры которой могут использоваться как для орошения земель, так и для обводнения пастбищ в зонах прилегающих водотоков.

2. Усовершенствованная конструктивно-технологическая схема гидротаранной насосной установки по сравнению с аналогами имеет новые элементы технической новизны, позволяющие повысить подачу, создаваемый напор и КПД насосной установки на 20-30%.

3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДЪЁМА ВОДЫ ИЗ ВОДОТОКОВ, ОБОСНОВАНИЕ ТИПОРАЗМЕРОВ И ПАРАМЕТРОВ ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

3.1 Методика разработки теоретических основ гидротаранного способа водоподъёма из водотоков

Методика разработки теоретических основ по гидротаранному способу водоподъёма из водотоков заключалась в определении аналитических зависимостей между основными входными и выходными параметрами и выходными параметрами гидротаранного способа водоподъёма в ГНУ.

Теоретическое исследование гидротаранного способа водоподъёма проведено с учетом разработанной конструктивно-технологической схемы усовершенствованной гидротаранной насосной установки, методика исследования которой заключалась в использовании закона неразрывности потока движение воды в приемной части и питательном трубопроводе, в использовании уравнение Бернулли [62] для входного и выходного сечений приемной части и питательного трубопровода, а также теории Н.Е. Жуковского по прямому гидравлическому удару в закрытом водонапорном трубопроводе [16]. Исследования были направлены на определение аналитических зависимостей между входными и выходными параметрами гидротаранной насосной установки при технологическом процессе установившегося режима работы.

Основными входными параметрами гидротаранного способа водоподъёма являются: расход воды Q и создаваемые напоры в гидротаранной насосной установке от использования геометрического и скоростного напора H_n , от гидравлического удара $H_{гуд}$. Основными выходными параметрами ГНУ являются: напор $H_{ну}$, подача $Q_{ну}$, полезная N_p и затраченная $N_{ну}$ мощности и КПД $\eta_{ну}$.

Для определения указанных основных выходных параметров гидротаранной насосной установки рассматривались следующие функциональные зависимости:

$$H_{ну} = f(H_n, H_{гуд}), \quad (3.1)$$

$$H_H = f(H_G, v, v_{\text{п}}, h_{\text{вп}}, g), \quad (3.2)$$

$$H_{\text{гуд}} = f(v, v_3, L_{\text{тр}}, t_{3\text{ф}}, g), \quad (3.3)$$

$$Q_{\text{ну}} = f(Q, Q_{\text{сб}}) = f(v, v_{\text{сб}}, d, d_{\text{сб}}, K), \quad (3.4)$$

$$N_{\text{п}} = f(Q_{\text{ну}}, v_{\text{п}}, \rho, g), \quad (3.5)$$

$$N_{\text{ну}} = f(Q, v_{\text{п}}, \rho, g), \quad (3.6)$$

$$\Pi_{\text{ну}} = f(N_{\text{п}}, N_{\text{ну}}) = f(Q, Q_{\text{ну}}, H_G, v_{\text{п}}, g), \quad (3.7)$$

где: $H_H, H_{\text{гуд}}$ – напор создаваемый в насосной установке от использования геометрического и скоростного напора, напор от гидравлического удара, м;

H - геометрический напор, м;

$v, v_{\text{п}}$ - скорость воды в питательном трубопроводе и приемной части, м/с;

$h_{\text{вп}}$ - потери напора в приемной части и питательном трубопроводе, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$L_{\text{тр}}$ - длина напорного трубопровода, м;

v_3 - средний скорость воды в напорном трубопроводе при закрытии ударного клапана $=f(t_{3\text{ф}})$, м/с;

$t_{3\text{ф}}$ – фактическое время закрытия ударного клапана, с;

ρ – плотность поднимаемой воды, кг/м³;

$Q, Q_{\text{сб}}$ – общий расход воды насосной установки и на сброс через проходное отверстие седла ударного клапана, м³/с;

$d, d_{\text{сб}}$ – внутренние диаметры питательного трубопровода и отверстия седла ударного клапана, м;

K – коэффициент использования площади проходного сечения седла ударного клапана.

3.2 Разработка теоретических основ технологического процессу гидротаранного способа водоподъёма из водотоков

Теоретические исследования выполнялись на основании использования закона неразрывности потока движения поднимаемой воды в питательных и водоподъёмных трубах, закона гидроударного процесса в питательных трубах и воздушном колпаке, а также уравнения Бернулли в технологическом процессе водоподъёма. В результате даны уточнённые теоретические предпосылки альтернативной гидротаранной технологии водоподъёма из водотоков [9,60-62].

На основании теоретических исследований и функциональных зависимостей (3.1) - (3.7) даны формулы по определению основных технологических и технических параметров усовершенствованной гидротаранной насосной установки: напора $H_{\text{ну}}$, подачи $Q_{\text{ну}}$, затраченной мощности $N_{\text{ну}}$ и КПД $\Pi_{\text{ну}}$, а также внутренних диаметров проходных отверстий приёмной части $D_{\text{п}}$, питающих трубопровод $D_{\text{птр}}$, нагнетательного клапана $D_{\text{нк}}$,

ударного клапана $D_{ук}$ и водоподъемного трубопровода $D_{втр}$ [2,3,6].

Создаваемый напор усовершенствованной гидротаранной насосной установки определяется по формуле:

$$H_{ну} = H_n + H_{гy}, \text{ м} \quad (3.8)$$

где: H_n – собственный напор гидротаранной насосной установки, м:

$$H_n = H_r + \frac{1}{2g} \cdot (v_{птр}^2 - v_{п}^2) - h_{вп}, \text{ м} \quad (3.9)$$

H_r – геометрический напор, м;

g – ускорение свободного падения м/с²;

$v_{п}$ – скорость воды в питающем трубопроводе и его приемной части, м/с;

$h_{вп}$ – потери напора в гидротаранной насосной установке, м

$$h_{вп} = \sum_{i=1}^n \zeta_i \cdot \frac{v_{mi}^2}{2g} + \sum_{i=1}^n \lambda_{тpi} \cdot \frac{L_{тp}}{d_i} \cdot \frac{v_{di}^2}{2g}, \text{ м}, \quad (3.10)$$

где: ζ_i – коэффициент местных сопротивлений в приемной части и питательном трубопроводе;

v_{mi} – скорость воды в местах, создающих местное сопротивление, м/с;

v_{di} – скорость воды в трубопроводах разного диаметра, м/с;

$\lambda_{тpi}$ – коэффициент трения в трубопроводах;

$L_{тp}$ – длина трубопровода разного диаметра, м;

$H_{гy}$ – напор, создаваемый гидравлическим ударом от ударного клапана, м:

$$H_{гy} = \frac{1}{g} \cdot (v_{птр} - v_3) \frac{2L_{тp}}{t_{зф}}, \text{ м} \quad (3.11)$$

где: v_3 – средняя скорость воды в напорном трубопроводе при закрытии ударного клапана, м/с:

$$v_3 = (v_{п} + v_{птр})/2, \text{ м/с} \quad (3.12)$$

где: $v_{птр}$, $v_{п}$ – скорости воды в питающем трубопроводе и его приемной части, м/с;

$t_{зф}$ – фактическое время закрытия ударного клапана (по опытным данным в закрытых трубопроводах) фактическое время закрытия ударного клапана (по опытным данным в открытых трубопроводах $t_{зф}=0,1-0,3$ с), с;

$L_{тp}$ – длина напорного трубопровода, м.

Заменив $H_{гy}$ в формуле (3.11), и выразив v через Q_v формуле (3.8) $H_{ну}$ примет следующий вид:

$$H_{\text{Hy}} = H_{\text{H}} + \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{4Q}{\pi \cdot D_{\text{ПТР}}^2} - v_3 \right) \frac{2L_{\text{ТР}}}{t_{3\phi}}, \text{ м} \quad (3.13)$$

где: Q - общий расход воды гидротаранной насосной установки, $\text{м}^3/\text{с}$;

$D_{\text{ПТР}}$ - внутренний диаметр питающего трубопровода, м.

Подача гидротаранной насосной установки Q_{Hy} определяется по формуле:

$$Q_{\text{Hy}} = Q - Q_{\text{сб}} = Q \left(1 - \frac{t_{\text{сб}}}{t_{\text{ц}}} \right), \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.14)$$

где; Q , $Q_{\text{сб}}$ – общий расход воды гидротаранной насосной установки и сброс через проходное отверстие седла ударного клапана, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q_{\text{сб}} = Q \cdot \frac{t_{\text{сб}}}{t_{\text{ц}}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.15)$$

где: $t_{\text{сб}}$, $t_{\text{ц}}$ – время сброса воды через гидроударный клапан за цикл и время цикла гидроударного процесса, с:

$$t_{\text{сб}} = t_{\text{ц}} - t_{\text{H}}, \text{ с} \quad (3.16)$$

$$t_{\text{ц}} = \frac{60}{n}, \text{ с} \quad (3.17)$$

где: n – частота переключения ударного клапана, мин^{-1} ;

t_{H} – время нагнетания поднимаемой воды в ёмкость воздушного колпака, с.

Полезная мощность N_n , затраченная мощность N_{Hy} и коэффициент полезного действия η_{Hy} гидротаранной насосной установки определяются по формулам:

$$N_n = \rho \cdot g \cdot Q_{\text{Hy}} \cdot H_{\text{Hy}}, \text{ Вт}, \quad (3.18)$$

$$\text{или } N_n = 9,81 \cdot Q_{\text{Hy}} \cdot H_{\text{Hy}}, \text{ кВт}, \quad (3.19)$$

$$N_{\text{Hy}} = 9,81 \cdot Q \cdot \left(H_{\Gamma} + \frac{v_{\text{H}}^2}{2g} \right), \text{ кВт}, \quad (3.20)$$

$$\eta_{\text{Hy}} = \frac{Q_{\text{Hy}} \cdot H_{\text{Hy}}}{Q \cdot \left(H_{\Gamma} + \frac{v_{\text{H}}^2}{2g} \right)} \quad (3.21)$$

где: $9,81 = \rho \cdot g \cdot 10^{-3}$ – переводной коэффициент Вт в кВт;

ρ - плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$ ($\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$);

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$ ($g=9,81 \text{ м}/\text{с}^2$);

Внутренние диаметры проходных отверстий приёмной части $D_{\text{п}}$, питающего трубопровода $D_{\text{тр}}$, нагнетательного клапана $D_{\text{нк}}$, ударного клапана $D_{\text{ук}}$ и водоподъёмного трубопровода $D_{\text{втр}}$ гидротаранной насосной установки определяются по инженерным формулам [63]:

$$D_{\text{п}} = \left(\frac{4Q}{v_{\text{п}} \cdot \mu \cdot \pi} \right)^{1/2}, \text{ М} \quad (3.22)$$

$$D_{\text{птр}} = \left(\frac{4Q}{[v_{\text{птр}}] \cdot \mu \cdot \pi} \right)^{1/2}, \text{ М} \quad (3.23)$$

$$D_{\text{нк}} = \left(\frac{4Q_{\text{н}}}{v_{\text{н}} \cdot \mu \cdot \pi} \right)^{1/2}, \text{ М} \quad (3.24)$$

$$D_{\text{ук}} = D_{\text{птр}} = \left(\frac{4Q}{[v_{\text{птр}}] \cdot \mu \cdot \pi} \right)^{1/2}, \text{ М} \quad (3.25)$$

$$D_{\text{втр}} = \left(\frac{4Q_{\text{ну}}}{[v_{\text{втр}}] \cdot \mu \cdot \pi} \right)^{1/2}, \text{ М} \quad (3.26)$$

где: $v_{\text{п}}$, $[v_{\text{птр}}]$, $v_{\text{н}}$, $[v_{\text{втр}}]$ - скорость воды в приёмном фильтре водотока, допустимая скорость воды в питающем трубопроводе, скорость нагнетаемой воды через нагнетательный клапан в ёмкость воздушного колпака и допустимая скорость воды в водоподъёмном трубопроводе, м/с;
 μ - коэффициент расхода через отверстия проходных сечений в гидравлической системе;

Q , $Q_{\text{н}}$, $Q_{\text{ну}}$, - общий расход воды гидротаранной насосной установки, подача в процессе нагнетания воды в ёмкость воздушного колпака и подача гидротаранной насосной установки, м³/с:

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{ну}} \cdot \frac{t_{\text{ц}}}{t_{\text{н}}}, \text{ М}^3/\text{с} \quad (3.27)$$

где: $t_{\text{н}}$ - время нагнетания воды через нагнетательный клапан в ёмкость воздушного колпака, с (определяется экспериментально).

3.3 Исследование эффекта гидравлического удара в гидротаранной насосной установке

Для подъема воды из водотоков (рек, каналов и водонакапительных водоемов) насосными установками с использованием кинетической энергии движущейся воды в условиях, требующих большой напор (до 150 м), рационально в технологическом процессе создавать циклический гидравлический удар и использовать его эффект с целью увеличения увелечении давления.

Наиболее простым техническим решением создания гидроудара в

гидротаранной насосной установке является использование ударного клапана в камере питающего трубопровода насосной установки по типу гидротарана.

В разработанной конструктивно-технологической схеме усовершенствованной гидротаранной насосной установке предусмотрено использование эффекта гидроудара. Для этого в камере питающего трубопровода (рисунок 2.1) установлен ударный клапан, конструкция которого отличается от ударного клапана гидротарана. Новизна идеи направлена на уменьшение времени его закрытия, т. е. Приближение процесса к прямому гидравлическому удару, при котором в гидротаранной насосной установке создается максимальный напор.

Напор насосной установки с использованием эффекта гидроудара определяется по формуле (3.8)

$$H_{Hy} = H_n + H_{Hy}, \text{ м}$$

где: H_n – напор насосной установки, создаваемый без использования эффекта гидроудара м;

H_{Hy} - напор в насосной установке, создаваемый от использования гидроудара, который определяется по конечной формуле (3.11)

$$H_{Hy} = \frac{1}{g} \cdot (u_{птр} - v_3) \frac{2L_{тр}}{t_{зф}}, \text{ м}$$

Конечная формула (3.10) определена на основании теории Н.Е. Жуковского [16] о прямом гидроударе в закрытом трубопроводе:

$$H_{Hy} = \frac{1}{g} \cdot (u_{птр} - v_3) \cdot a \cdot \frac{t_{з\min}}{t_{зф}}, \quad (3.28)$$

где: H_{Hy} – максимальный напор в насосной установке, создаваемый от использования эффекта прямого гидроудара, м;

$u_{птр}$, - скорость воды в питающем трубопроводе насосной установке, м/с;

v_3 - средняя скорость в питающем трубопроводе при закрытии ударного клапана, м/с;

a - скорость распространения ударной волны при гидроударе, м/с:

$$a = \frac{\alpha_0}{\sqrt{1 + \frac{d}{\delta} \cdot \frac{K}{E}}}, \quad (3.29)$$

где: α_0 - скорость распространения звука в жидкости (для воды при температуре 10° С и избыточном давлении -0,2 -2,5 МН/м² $\alpha_0 = 1435$ м/с);

d - внутренний диаметр погружного трубопровода, м;

δ - толщина стенки питающего трубопровода, м;

K – объемный модуль жидкости (для воды $K= 1,89 – 2,06$ кН/м² при температуре 0 - 20° С и избыточном давлении 0,5 – 2 МН/м);

E – модуль продольной упругости материала трубопровода (для стальных трубопроводов $E=21 \cdot 10^{10}$ Н/м²).

$t_{зф}$, $t_{зmin}$ - время закрытия ударного клапана фактическое и при прямом гидроударе, $t_{зmin}$ определяется из условия, с:

$$t_{зmin} \leq \frac{2L_{nmp}}{a}, \quad (3.30)$$

где: L_{nmp} —длина питающего трубопровода, м.

Подставляя в формулу (3.28) $t_{зmin}$ из формулы (3.30), определяем в конечном виде формулу (3.11) по определению гидроударного напора $H_{гу}$ в гидротаранной насосной установке.

Из формулы (3.11) следует, что напор насосной установки при использовании эффекта гидроудара зависит не только от собственного напора от собственного напора насосной установки H_n , скоростей воды в питающем трубопроводе максимальной u_{ntr} и средней при закрытии ударного клапана u_z , но и от длины L_{ntr} питающего трубопровода и фактического времени $t_{зф}$ закрытия ударного клапана. Для разработанной гидротаранной насосной установки при использовании эффекта прямого гидроудара можно теоретически повысить напор до 140 м при температурах: $u_{ntr}=2,29$ м/с, $L_{ntr}=6$ м и $t_{зф}=0,02$ с.

Исследования показали, что использования эффекта гидравлического удара в технологическом процессе водоподъема, значительно повышает один из основных параметров - напор $H_{ну}$ гидротаранной насосной установки, подтверждая необходимость его применения. Для изучения процесса гидроудара, подтверждения достоверности и уточнения формулы (3.10) и (3.12) по определению создающего гидроударного $H_{гу}$ напора и напора $H_{ну}$ насосной установки, необходимы экспериментальные исследования.

3.4 Анализ теоретических исследований по совершенствованию конструкции гидротаранной насосной установки

Для усовершенствования конструктивно - технологической схемы, гидроударного устройства и параметров гидротаранной насосной установки предложен анализ теоретических исследований по определению основных её параметров: напора $H_{ну}$, подачи $Q_{ну}$ и КПД $\eta_{ну}$. Для этого необходимо было в конечном виде определить теоретические зависимости, выявить в качестве критериев оценки существенные параметры, влияющие на технологический процесс и определить пути дальнейшего совершенствования конструктивно - технологической схемы гидротаранной насосной установки.

Основные параметры усовершенствованной гидротаранной насосной

установки: напор $H_{\text{ну}}$, подача $Q_{\text{ну}}$ и коэффициент полезного действия $\Pi_{\text{ну}}$ определяются по следующим развёрнутым формулам:

- напор $H_{\text{ну}}$ определяется по формуле (3.31)

$$\begin{aligned} H_{\text{ну}} &= H_{\text{н}} + H_{\text{гв}} = H_{\text{г}} + \frac{1}{2g} \cdot (v_{\text{птп}}^2 - v_{\text{п}}^2) - h_{\text{вп}} + \frac{1}{g} \cdot (v_{\text{птп}} - v_3) \frac{2L_{\text{тр}}}{t_{3\phi}} = \\ &= H_{\text{г}} + \frac{1}{2g} \cdot (v_{\text{птп}}^2 - v_{\text{п}}^2) - \left(\sum_{i=1}^n \zeta_i \cdot \frac{v_{mi}^2}{2g} + \sum_{i=1}^n \lambda_{\text{тпи}} \cdot \frac{L_{\text{тпи}}}{d_i} \cdot \frac{v_{di}^2}{2g} \right) + \\ &\quad + \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{4Q}{\pi \cdot D_{\text{птп}}^2} - v_3 \right) \frac{2L_{\text{тр}}}{t_{3\phi}}, \end{aligned} \quad (3.31)$$

- подача $Q_{\text{ну}}$ рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{ну}} = Q - Q_{\text{сб}} = Q \left(1 - \frac{t_{\text{сб}}}{t_{\text{ц}}} \right) = \frac{\pi \cdot D_n^2 \cdot v_n}{4} - \frac{\pi \cdot d_{\text{гв}}^2}{4} \cdot K \cdot v_{\text{гв.ср}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.32)$$

- коэффициент полезного действия $\eta_{\text{ну}}$ определяется по формуле:

$$\eta_{\text{ну}} = \frac{Q_{\text{ну}} \cdot (H_{\text{н}} + H_{\text{гв}})}{Q \cdot (H_{\text{г}} + \frac{v_{\text{п}}^2}{2g})}, \quad (3.33)$$

где: $H_{\text{н}}$ – собственный напор гидротаранной насосной установки, м;

$H_{\text{г}}$ – геометрический напор, м;

g – ускорение свободного падения м/с²;

$v_{\text{птп}}$, $v_{\text{п}}$ – скорость воды в питающем трубопроводе и его приемной части, м/с;

$h_{\text{вп}}$ – потери напора в приемной части и питательном трубопроводе, м;

$H_{\text{гв}}$ – напор, создаваемый гидравлическим ударом от ударного клапана,

v_3 – средняя скорость воды в напорном трубопроводе при закрытии ударного клапана, м/с;

$t_{3\phi}$ – время закрытия ударного клапана фактическое (по опытным данным $t_{3\phi} = 0,1 - 0,3$ с);

$L_{\text{тр}}$ – длина питающего трубопровода, м;

$D_{\text{птп}}$ – внутренний диаметр питающего трубопровода, м;

Q , $Q_{\text{сб}}$ – общий расход воды гидротаранной насосной установки и на сброс через проходное отверстие седла ударного клапана, м³/с;

$t_{\text{сб}}$, $t_{\text{ц}}$ – время сброса воды через гидроударный клапан за цикл и время цикла гидроударного процесса, с;

n – частота переключения ударного клапана, мин⁻¹;

$t_{\text{н}}$ – время нагнетания поднимаемой воды в ёмкость воздушного колпака, с.

$D_{\text{п}}$, $d_{\text{св}}$ – внутренние диаметры приемного фильтра и седла гидроударного клапана, м;

$v_{\text{ср}}$ - средняя скорость сброса воды через проходное сечение седла гидроударного клапана, м/с;

K - коэффициент использования полезной площади седла ударного клапана.

Очевидно, как в любом насосе, так и в гидротаранной насосной установке, чем выше значения $H_{\text{ну}}$, $Q_{\text{ну}}$ и $\Pi_{\text{ну}}$, тем эффективнее насосная установка, причем два первых параметра определяют требуемый типоразмер гидротаранной насосной установки по подаче и напору.

Анализ зависимостей (3.31), (3.32) и (3.33) показывает, какие из параметров влияют на повышение их значений. Из (3.29) следует, что повышение $H_{\text{ну}}$ существенно зависит от двух вторых слагаемых - от использования эффекта гидроудара, от повышения скорости воды $v_{\text{птп}}$ в питательном трубопроводе и уменьшения средней скорости воды в напорном трубопроводе при закрытии ударного клапана v_3 , от увеличения длины питающего трубопровода $L_{\text{птп}}$, а также от уменьшения фактического времени закрытия ударного клапана $t_{\text{эф}}$. Рассмотрим влияние каждого из них, при котором: $v \rightarrow \text{const}, v_3 \rightarrow 0, L_{\text{птп}} \rightarrow \text{max}, t_{\text{эф}} \rightarrow \text{min}$, т.е. существенными являются $t_{\text{эф}}$ и $L_{\text{птп}}$. Для получения их оптимальных значений необходимо изучить работу ударного клапана. Принцип работы заключается в создании в водоподъемной системе гидроудара от ударного клапана в питающем трубопроводе, от которого в нем циклически повышается давление, и вода через нагнетательный клапан подается в воздушный колпак и по водоподъемному трубопроводу подается потребителю.

Как видно из (3.32) на повышение подачи $Q_{\text{ну}}$ существенное влияние оказывают параметры ударного клапана ($d_{\text{гв}}$ и $v_{\text{гв ср}}$), а $D_{\text{п}}$ и $v_{\text{п}} \rightarrow \text{const}$ при определенном типоразмере гидротаранной насосной установки, подтверждая идею о совершенствовании гидроударного устройства.

Из зависимости (3.33) очевидно влияние на повышение КПД $\eta_{\text{ну}}$ подачи $Q_{\text{ну}}$ и напора $H_{\text{н}}$ и $H_{\text{гв}}$.

Предложенный метод теоретического анализа основных зависимостей: напора $H_{\text{ну}}$, подачи $Q_{\text{ну}}$ и КПД $\Pi_{\text{ну}}$ разработанной усовершенствованной гидротаранной насосной установки определил пути её дальнейшего совершенствования, направленные на оптимизацию параметров ударного устройства.

3.5 Обоснование исходных параметров гидротаранной насосной установки

Основными исходными параметрами гидротаранной насосной установки являются: подача $Q_{\text{ну}}$ и напор $H_{\text{ну}}$, которые устанавливаются на основании изучения природно- природных факторов зоны применения гидротаранной насосной установки, прилегающих к водотокам и определяются по ниже приведенным формулам [2,17].

Подача гидротаранной насосной установки:

$$Q_{\text{ну}} = \frac{q_{\text{сут}}}{t_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{см}}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.34)$$

где: $q_{\text{сут}}$ - суточное водопотребление на объектах АПК РК, $\text{м}^3/\text{сут}$:

$$q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n q_{\text{н}} \cdot z \cdot \alpha, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (3.35)$$

где: $q_{\text{н}}$ – единичные нормы водопотребления в сутки (для животных, полива 1 м^2 площадей приусадебных участков, 1 га орошаемых земельных площадей), м^3 ;

z - количество нормируемых величин (число животных, м^2 поливных участков, га орошаемых площадей);

α – $1,09-1,15$ –коэффициент, учитывающий водопотребление на собственные нужды обслуживающего персонала [13];

$\eta_{\text{см}}$ –коэффициент использования рабочего смены для насосных установок (водоподъемников) ($\eta_{\text{см}}=0,73$)[6].

Суточное водопотребление крестьянских и фермерских хозяйств при обводнении пастбищ изменяется в широких пределах – от минимального значения в осеннее – зимний период водопользования $3,3 \text{ м}^3$ (на водопой животных, приготовление корма и бытовые нужды) до максимального значения в летний период до $18,4 \text{ м}^3$ и до 36 м^3 с учетом полива приусадебных участков (при норме полива на 1 м^2 площади участка – $0,3 \text{ м}^3$ воды, площади участка – 420 м^2 и одноразового полива в неделю). Для орошения земель, прилегающих к водотокам, суточное водопотребление составит: до $140 \text{ м}^3/\text{сут}$ (при норме полива 1 га земельной площади – 2900 м^3 воды, при средней площади земель на одного потребителя - 15 га ($64,5\%$ потребителей). Из них подлежащих орошению – 10% или $1,5 \text{ га}$, количество поливов за сезон -3, при продолжительности полива - 10 дней) и до $280 \text{ м}^3/\text{сут}$ (при крупной площади земель на одного потребителя - 30 га (70% потребителей), в том числе подлежащих орошению – 10% или 3 га при аналогичных требованиях) [2,12].

Согласно формуле (3.34) при $q_{\text{сут}}= 3,3-18,4 \text{ м}^3/\text{сут}$ и $\eta_{\text{см}} = 0,73$, пределы подач гидротаранной насосной установки составят:

- при продолжительности рабочей смены $t_{\text{см}} = 7$ часов

$$Q_{\text{ну}} = \frac{3,3 \dots 18,4}{7 \cdot 0,73} = 0,64 - 3,6 \text{ м}^3/\text{час} (0,0018 - 0,001 \text{ м}^3/\text{с}),$$

- при продолжительности рабочей смены $t_{\text{см}} = 24$ часа

$$Q_{\text{ну}} = \frac{3,3 \dots 18,4}{24 \cdot 0,73} = 0,18 - 1,05 \text{ м}^3/\text{час} (0,0005-0,0029 \text{ м}^3/\text{с}).$$

Подача гидротаранной насосной установки в пределах средних значений

при $t_{см} = 24$ часа и 7 часов составит: $Q_{ну} = 0,41-2,3$ м³/час (0,0011-0,00064 м³/с). Принимаем подачу гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ без учёта полива приусадебного участка по наибольшему значению $Q_{ну} = 2,3$ м³/час (0,00064 м³/с).

При $q_{сут} = 36$ м³/сут пределы подачи гидротаранной насосной установки составят согласно формуле (3.34):

$$Q_{ну} = \frac{36}{7 \cdot 0,73} = 7,04 \text{ м}^3/\text{час} \text{ (0,001956 м}^3/\text{с)},$$

- при продолжительности рабочей смены $t_{см} = 24$ часа

$$Q_{ну} = \frac{36}{24 \cdot 0,73} = 2,05 \text{ м}^3/\text{час} \text{ (0,00057 м}^3/\text{с)}.$$

Подача гидротаранной насосной установки при $t_{см} = 24$ часа и 7 часов составит: $Q_{ну} = 2,05-7,04$ м³/час (0,00057-0,001956 м³/с). Принимаем подачу гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ с учётом полива приусадебного участка по наибольшему значению, округлённо до $Q_{ну} = 0,0019$ м³/с (6,84 м³/час).

При $q_{сут} = 140$ м³/сут пределы подачи гидротаранной насосной установки составят согласно формуле (3.34):

$$Q_{ну} = \frac{140}{7 \cdot 0,73} = 27,4 \text{ м}^3/\text{час} \text{ (0,0078 м}^3/\text{с)},$$

- при продолжительности рабочей смены $t_{см} = 24$ час

$$Q_{ну} = \frac{140}{24 \cdot 0,73} = 7,99 \text{ м}^3/\text{час} \text{ (0,0022 м}^3/\text{с)}.$$

Подача гидротаранной насосной установки при $t_{см} = 24$ час и 7 час составит: $Q_{ну} = 7,99-27,4$ м³/час, или 0,0022-0,0078 м³/с. Принимаем подачу ГНУ для орошения земель (типоразмер 1) по среднему значению $Q_{ну} = 17,7$ м³/час, или 0,0049 м³/с.

При $q_{сут} = 280$ м³/сут пределы подачи гидротаранной насосной установки составят согласно формуле (3.34):

$$Q_{ну} = \frac{280}{7 \cdot 0,73} = 54,8 \text{ м}^3/\text{час} = 0,0152 \text{ м}^3/\text{с},$$

- продолжительности рабочей смены $t_{см} = 24$ часа

$$Q_{ну} = \frac{280}{24 \cdot 0,73} = 16 \text{ м}^3/\text{час} = 0,0044 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Подача гидротаранной насосной установки при $t_{\text{см}} = 24$ часа и 7 часов составит: $Q_{\text{н}}=16-54,8 \text{ м}^3/\text{час}$, что равно $0,0044-0,0152 \text{ м}^3/\text{с}$. Принимаем подачу ГНУ для орошения земель (типоразмер 2) по среднему значению $Q_{\text{н}} = 35,4 \text{ м}^3/\text{час}$, или $0,0098 \text{ м}^3/\text{с}$.

Напор насосной установки определяем по формуле:

$$H_{\text{н}} = H + h\nu, \text{ м}, \quad (3.36)$$

где: H – высота водоподъема, м;

$$h\nu = \lambda \cdot \frac{L_p}{d_p} \cdot \frac{v_p^2}{2g} + \sum_{i=1}^n \zeta_i \cdot \frac{v_i^2}{2g}, \text{ м}, \quad (3.37)$$

где: λ – коэффициент трения воды в водоподающем рукаве или трубопроводе ($\lambda = 0,026$);

L_p – длина подающего рукава, м;

d_p – внутренний диаметр рукава, м;

v_p – допустимая скорость воды в рукаве, м/с;

ζ_i – коэффициенты местных сопротивлений в подающей системе;

v_i – скорость воды в проходных сечениях подающей системы, создающие местные сопротивления, м/с.

С учетом природно-натурных факторов [2], высота водоподъема из водотоков изменяется в пределах $H = 2-8$ м, а транспортировка воды может достигать расстояния до 10-30 м при обводнении пастбищ и 50-120 м при орошении земель, расположенных в зонах водотоков.

На основании этого напор гидротаранной насосной установки согласно формуле (3.36) и (3.37) составит: для обводнения пастбищ $H_{\text{н}} = 3-12$ м водяного столба, принимается наибольшее значение $H_{\text{н}} = 12$ м; для орошения земель в зонах водотоков $H_{\text{н}} = 15-20$ м, принимается наибольшее значение $H_{\text{н}} = 20$ м.

Расход воды для привода гидротаранной насосной установки определяется по формуле:

$$Q = \frac{Q_{\text{н}} \cdot H_{\text{н}}}{H_{\text{в}} \cdot \eta}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.38)$$

Значение расхода воды из водотока ГНУ для обводнения пастбищ с учётом полива приусадебных участков:

$$Q = \frac{0,0019 \cdot 12}{3,42 \cdot 0,5} = 0,013 \text{ м}^3/\text{с}$$

где: $Q_{\text{н}}$ – проектируемая подача насосной установки, $\text{м}^3/\text{с}$, ($Q_{\text{н}} = 0,0019 \text{ м}^3/\text{с}$);

$H_{\text{н}}$ – проектируемый напор насосной установки, м ($H_{\text{н}} = 12 \text{ м}$);

$H_{\text{в}}$ – требуемый напор водотока для привода гидротаранной насосной

установки, м (по опытным данным $H_b = 3,42$ м, который принят для расчёта);

η - КПД гидротаранной насосной установки (по опытным данным $\eta = 0,5$, который принят для расчёта).

Значение расхода водотока для привода гидротаранной насосной установки при орошении земельных площадей в зонах водотоков определяется:
- при подаче насосной установки $Q_{\text{нп}} = 17,7 \text{ м}^3/\text{час}$ ($0,0049 \text{ м}^3/\text{с}$)

$$Q = \frac{0,0049 \cdot 20}{3,42 \cdot 0,5} = 0,057 \text{ м}^3/\text{с}$$

- при подаче насосной установки $Q_{\text{нп}} = 35,4 \text{ м}^3/\text{час}$ ($0,0098 \text{ м}^3/\text{с}$)

$$Q = \frac{0,0098 \cdot 20}{3,42 \cdot 0,5} = 0,114 \text{ м}^3/\text{с}$$

3.6 Обоснование технологических и технических параметров гидротаранной установки

К основным технологическим и техническим параметрам ГНУ относятся: скорость воды в приемном фильтре $v_{\text{п}}$, внутренний диаметр приемного фильтра $d_{\text{ф}}$, диаметр приемного трубопровода $d_{\text{тр}}$, диаметры проходных сечений ударного и нагнетательного клапанов $d_{\text{ук}}$, $d_{\text{нк}}$, диаметр трубопровода (рукава) $d_{\text{р}}$, длина питающего трубопровода $L_{\text{птр}}$, скорость движения воды в приемном фильтре $v_{\text{п}}$ определяется по эмпирической формуле [2,12], при оптимальном значении которой предотвращается заиливание, а также образование шуги и льда:

$$\geq (t_{\text{н}})^{0,66}, \text{ м/с}, \quad (3.39)$$

где: $t_{\text{н}}$ – расчетная минимальная температура наружного воздуха, °С.
при $t_{\text{н}} = 5 - 10 \text{ С}$, $v_{\text{п}} \geq (5 - 10)^{0,66} = 1,1 - 1,15 \text{ м/с}$.

Принимаем расчетное значение $v_{\text{п}} = 1,5 \text{ м/с}$.

Внутренний диаметр фильтра $d_{\text{ф}}$ диаметра приемного трубопровода $d_{\text{тр}}$ определяются из известного в гидродинамике уравнение расхода жидкости через проходное сечение:

$$d_{\text{ф}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\mu \cdot \pi \cdot v_{\text{п}}}}, \text{ м}, \quad (3.40)$$

где: Q - расход воды через проходное сечение трубопроводов, который определяется по формуле (3.38), $\text{м}^3/\text{с}$: для обводнения пастбищ $Q_{\text{в}} = 0,013 \text{ м}^3/\text{с}$; для орошения земель прилегающих к водотокам $Q_{\text{в}} = 0,057 \text{ м}^3/\text{с}$ (типоразмер 1) и $Q_{\text{в}} = 0,114 \text{ м}^3/\text{с}$ (типоразмер 2);

μ – коэффициент расхода (для отверстия, в т. ч. Трубы с фильтром – 0,5 для трубопровода -1,0).

В результате получаем вычисленные значения параметров:

- для гидротаранной насосной установки при обводнении пастбищ

$$d_{\phi} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,013}{0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,5}} = 0,148 \text{ м};$$

- для гидротаранной насосной установки при орошении земель, прилегающих к водотокам

$$d_{\phi} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,057}{0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,5}} = 0,311 \text{ м, (типоразмер 1);}$$

$$d_{\phi} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,114}{0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,5}} = 0,440 \text{ м, (типоразмер 2);}$$

Внутренний диаметр питающего трубопровода $d_{\text{тр}}$ определяем по формуле:

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_{\text{п}}}}, \quad (3.41)$$

где: $v_{\text{п}}$ – скорость воды в приемном фильтре 1,2-3м/с, принимаем среднее значение $v_{\text{п}} = 1,5\text{м/с}$.

Подставляя цифровые значения параметров, определяем:

- для гидротаранной насосной установки при обводнении пастбищ

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,013}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,105, \text{ м}$$

- по гидротаранной насосной установке для орошения земель в зоне прилегающих к водотокам

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,057}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,219, \text{ м (типоразмер 1)}$$

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,114}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,311, \text{ м (типоразмер 2)}$$

Принимаем диаметр трубы, близкий к расчетному диаметру.

Внутренний диаметр рукава для подачи воды потребителю определяется по формуле:

$$d_{\text{р}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{ну}}}{\pi \cdot v}}, \text{ м,} \quad (3.42)$$

где: $Q_{\text{гн}}$ – подача гидротаранной насосной установки, $\text{м}^3/\text{с}$;
 v – скорость движения воды в водоподающем рукаве, который принимается по среднему допустимому значению $v = 2,25 \text{ м/с}$.

Вычисленные значения параметров:

- по гидротаранной насосной установке для обводнения пастбищ

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0019}{3,14 \cdot 2,25}} = 0,0327 \text{ м.}$$

- по гидротаранной насосной установке для орошения земель, расположенных в зоне вотоков

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0049}{3,14 \cdot 2,25}} = 0,0526 \text{ м (типоразмер 1)}$$

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0098}{3,14 \cdot 2,25}} = 0,0744 \text{ м (типоразмер 2)}$$

Принимаем стандартные размеры рукавов, близкие к расчетному диаметру. Диаметры проходного седла клапанов, ударного $d_{\text{ук}}$ и нагнетательного $d_{\text{нк}}$ определяются по формуле (1.41). При этом диаметры проходного седла ударного клапана $d_{\text{ук}}$ принимаются равными внутреннему диаметру питающей трубы $d_{\text{ук}} = d_{\text{тр}}$, которые определены выше.

Вычисляем значения параметров нагнетательного клапана по формуле (1.41):

- по гидротаранной насосной установке для обводнения пастбищ

$$d_{\text{нк}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,013}{3,14 \cdot 3}} = 0,074 \text{ м,}$$

где: скорость в нагнетательном клапане $v_{\text{п}} = 1,5-3 \text{ м/с}$, принимаем $v_{\text{п}} = 3 \text{ м/с}$:

- по гидротаранной насосной установке для орошения земель, расположенных в зоне водотоков

$$d_{\text{нк}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,057}{3,14 \cdot 3}} = 0,155 \text{ м, (типоразмер 1)}$$

$$d_{\text{нк}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,114}{3,14 \cdot 3}} = 0,219 \text{ м, (типоразмер 2)}$$

Длина питающего трубопровода гидротаранной насосной установки определяется по формуле:

$$L_{\text{птр}} = \frac{H_{\text{ну}} \cdot g \cdot t_{\text{зф}}}{2 \cdot (v - v_3)}, \text{ м}, \quad (3.43)$$

где: $H_{\text{ну}}$ - напор в гидротаранной насосной установке, создающий от гидроудара, м;

$t_{\text{зф}}$ – время фактического закрытия ударного клапана, с ($t_{\text{зф}} = 0,2-0,5$) с, по экспериментальным данным);

v, v_3 - скорость воды в питающем трубопроводе гидротаранной насосной установки максимальная и в момент закрытия ударного клапана, м/с ($v = 2,62$ м/с, $v_3 = 0$).

Подставляя цифровые значения в формулы, получаем значения длины питающего трубопровода гидротаранной насосной установки по формуле (3.43):

- по гидротаранной насосной установке для обводнения пастбищ

$$L_{\text{птр}} = \frac{12 \cdot 9,81 \cdot 0,35}{2 \cdot (2,62 - 0)} = 7,86 \text{ м, принимаем } L_{\text{птр}} = 8 \text{ м.}$$

- по гидротаранной насосной установке для орошения земель прилегающих водотоков.

$$L_{\text{птр}} = \frac{20 \cdot 9,81 \cdot 0,35}{2 \cdot (2,62 - 0)} = 13,1 \text{ м (типоразмер 1), принимаем } L_{\text{птр}} = 13 \text{ м;}$$

$$L_{\text{птр}} = \frac{20 \cdot 9,81 \cdot 0,35}{2 \cdot (2,62 - 0)} = 13,1 \text{ м (типоразмер 2), принимаем } L_{\text{птр}} = 13 \text{ м.}$$

Выводы по разделу 3

1. Полученные аналитические зависимости технологического процесса гидротаранного способа водоподъема из водотоков являются основной для обоснования и расчета параметров при разработке необходимого типоразмера насосной установки данного типа.

2. Использование эффекта гидравлического удара в технологическом процессе водоподъема усовершенствованной гидротаранной насосной установки позволит значительно увеличить напор $H_{\text{ну}}$ насосной установки, подтверждая необходимость его применения.

3. Предложенный метод теоретического анализа основных зависимостей: напора $H_{\text{ну}}$, подачи $Q_{\text{ну}}$ и КПД $\eta_{\text{ну}}$ усовершенствованной гидротаранной насосной установки определил пути ее дальнейшего совершенствования, пути ее дальнейшего совершенствования, направлены на оптимизацию параметров ударного устройства.

4. Обоснованы исходные, технологические и технические параметры и необходимые типоразмеры предлагаемой усовершенствованной гидротаранной насосной установки для орошения земель и обводнения пастбищ, которые позволили разработать образцы для проведения экспериментальных

исследований, лабораторных и натуральных испытаний, которые необходимы для подтверждения достоверности и уточнения основных формул по определению параметров гидротаранной насосной установки.

4. РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ, ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЛАБОРАТОРНЫХ И НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ, ДОРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ

4.1 Разработка экспериментального образца усовершенствованной гидротаранной насосной установки

Экспериментальный образец усовершенствованной гидротаранной насосной установки для подъема воды из водотоков разработан в КазНАИУ, изготовлен на экспериментальном заводе ТОО «ТАСБУЛАК» (г.Талгар, Алматинская область) по конструктивно-технологической схеме (рисунок 2.1), а также порассчитанным основным технологическим и техническим параметрам. Образец гидротаранной насосной установки прошел тестирование на кафедре «Водные ресурсы и мелиорация» КазНАИУ с целью уточнения некоторых параметров, проверке достоверности выполненных основных теоретических предпосылок и проведения лабораторных испытаний на испытательном стенде, моделирующем водоток [2,12].

Общий вид экспериментального образца гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ показан на рисунке 4.1, а для орошения земель в зонах водотоков – на рисунке 4.2.



Рисунке 4.1 - Общий вид экспериментального образца гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ

Экспериментальные образцы усовершенствованной гидротаранной насосной установки для орошения земель и обводнения пастбищ состоят из питающего трубопровода с приёмной частью, ударного, нагнетательного и обратного эластичных клапанов, воздушного колпака с водоподающим для потребителя трубопроводом (рукавом) и устройства для запуска и остановки гидроударного процесса (задвижки).



Рисунке 4.2 - Общий вид экспериментального образца гидроударной насосной установки для орошения земель, расположенных в зонах водотоков

4.2 Проведение экспериментальных исследований, лабораторных и натуральных испытаний усовершенствованного образца гидротаранной насосной установки и доработка её конструкции

Задачи и программа экспериментальных исследований технологии гидротаранного способа водоподъема из водотоков:

Для проведения экспериментальных исследований образца предлагаемой конструкции ГНУ требуется:

- исследование технологии водоподъема из водотоков с использованием усовершенствованного экспериментального образца гидротаранной насосной установки по увеличению подачи, гидроударного напора и КПД насосной установки;

- исследование по определению потерь напора, коэффициента трения в гидротаранном устройстве насосной установке;

- проверка достоверности формул по определению основных

технологических и технических параметров гидротаранной насосной установки;

- проверка достоверности формул по определению основных технологических и технических параметров гидротаранной насосной установки;

- проведение лабораторных испытаний и доработка конструкции усовершенствованного экспериментального образца гидротаранной насосной установки.

В программу проведения экспериментальных исследований входит:

- исследование технологии водоподъёма из водотоков с использованием усовершенствованной гидротаранной насосной установки по увеличению подачи, гидроударного напора и КПД насосной установки;

- определение выходных параметров гидротаранной насосной установки: напора H_{Hy} , подачи Q_{Hy} , мощности N_{Hy} от общего расхода воды Q и КПД η_{Hy} от подачи насосной установки Q_{Hy} , а также определение потерь напора $h_{оп}$, коэффициента трения $\zeta_{ву}$ в гидроударном устройстве гидротаранной насосной установки;

- проверка достоверности формул: создаваемого напора H_{Hy} (3.12), подачи Q_{Hy} (3.14), потребляемой мощности N_{Hy} (3.20) и КПД η_{Hy} (3.21) гидротаранной насосной установки;

- проверка и уточнение основных параметров гидроударного устройства: внутренних диаметров проходных отверстий в седлах ударного d_u , нагнетательного d_n и обратного $d_{ок}$ клапанов;

- проведение лабораторных испытаний и доработка конструкции усовершенствованного экспериментального образца гидротаранной насосной установки.

Методика экспериментальных исследований усовершенствованного образца гидротаранной насосной установки.

Методика экспериментальных исследований усовершенствованного образца гидротаранной насосной установки была принята аналогично существующей методике по исследованию насосных установок с приводом от гидравлической энергии воды водотоков [2,64-72].

Эксперименты проводили на специальном стенде экспериментальном образце гидротаранной насосной установки, оборудованными приборами и приспособлениями, обеспечивающими необходимые визуальные замеры, при принятом типоразмере.

Все эксперименты проводили однофакторным методом. Экспериментальные исследования выполнялись в соответствии с поставленной программой. При изучении технологического процесса гидротаранного способа водоподъёма и эффекта гидроудара, возникла необходимость проведения отдельных экспериментов по определению характеристики питающего трубопровода; зависимости гидроударного напора H_{Hy} от напора водотока H_n , частоты переключения ударного клапана и длины погружного трубопровода $L_{птр}$, т.е. $H_{Hy} = f(H_n, n, L_{птр})$.

Эксперименты проводились на испытательном стенде (рисунки 4.3 и 4.4), с использованием напорной части насосной установки стенда. Для замера малых напоров и потерь давления использовали пьезометры и образцовые манометры низкого давления, а для записи протекающих процессов были применены тензометрические датчики. Пределы интервала напора моделирующего водотока принимали $H_n=0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 5,0$ и $10,0$ м. Пределы длины погружного трубопровода принимали $L_{птр}= 2,0; 3,5; 5,0; 7,0$ и 10 м.

Основные эксперименты при исследовании технологического процесса гидротаранного способа водоподъёма проводили при работе всего насосного агрегата с использованием эффекта гидроудара, при котором определяли основные технологические параметры гидротаранной насосной установки: напор $H_{ну}$, подачу $Q_{ну}$, потребляемую мощность $N_{ну}$ и КПД η при устанавливаемых напорах H_n моделирующего водотока, по данным которых проводили проверку достоверности и уточнение основных формул.

Во время экспериментов проводили замеры не менее 3-х кратной повторности по известным методикам [72,73]: визуально определяли подачу $Q_{ну}$, расход воды Q считали объёмным способом, с помощью мерной тарированной ёмкости вместимостью $50-70$ дм³ и секундомера, напор $H_{ну}$, потери напора h_u и гидроударный напор $H_{гу}$ по показаниям образцовых манометров. Напор насосной установки $H_{ну}$ создавали методом дросселирования вентилем на нагнетательном патрубке гидротаранной насосной установки с интервалом в 2 м до $12 - 20$ м водяного столба. Опыты проводили в следующей последовательности: устанавливали параметр насосной установки и изменяя напор водотока H_n в заданных интервалах, проводили необходимые замеры. Обработку и анализ полученных экспериментальных данных проводили с использованием известных методик [66-68,70].

По полученным данным вычисляли параметры гидротаранной насосной установки по следующим формулам:

Подача и расход воды гидротаранной насосной установки

$$Q_i = \frac{\sum_{i=1}^m V_i}{\sum_{i=1}^m t_i}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.1)$$

где: V_i - объём подаваемой воды в мерную ёмкость за опыт, дм³ (для определения подачи V_i , для общего расхода воды $V_{п}$);

t_i - время заполнения водой мерной ёмкости за опыт (для определения подачи t_i , для потребного расхода воды $t_{п}$), с;

m - количество опытов.

Мощность полезная $N_{п}$ и затраченная $N_{ну}$ определяются по формулам соответственно (1.19) и (4.2) :

$$N_{п} = 9,81 \cdot Q_{ну} \cdot H_{ну}, \text{ кВт},$$

$$N_{\text{н\у}} = 9,81 \cdot Q \cdot H_{\text{н}}, \text{ кВт}, \quad (4.2)$$

где: $Q_{\text{н\у}}$ – подача насосной установки, $\text{м}^3/\text{с}$;

$H_{\text{н\у}}$ - создаваемый напор (высота водоподъема), м;

КПД насосной установки определили по формуле:

$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{н\у}}} = \frac{Q_{\text{н\у}} \cdot H_{\text{н\у}}}{Q \cdot H_{\text{н}}} \quad (4.3)$$

где: $N_{\text{п}}$, $N_{\text{н\у}}$ – полезная и затраченная мощность, Вт;

$Q_{\text{н\у}}$ - подача насосной установки, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q - расход воды водотока на привод насосной установки, $\text{м}^3/\text{с}$;

$H_{\text{н}}$, $H_{\text{н\у}}$ - напор водотока и напор (высота водоподъема) насосной установки, м.

Потери напора (давления) в гидроударном устройстве гидротаранной насосной установки рассчитали по уравнению:

$$h_{\text{vi}} = \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m P_{\text{вхi}} - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m P_{\text{выхi}} \right) \cdot \frac{1}{\gamma}, \text{ м} \quad (4.4)$$

где: $P_{\text{вхi}}$, $P_{\text{выхi}}$ - давление воды избыточное на входе и выходе гидроударного устройства гидротаранной насосной установки, Па;

γ - удельный вес воды в водотоке, $\text{Н}/\text{м}^3$.

Коэффициент местных сопротивлений в гидроударном устройстве гидротаранной насосной установки определили по формуле:

$$\zeta_i = \frac{2gh_{\text{vi}}}{v_i^2} = \frac{\pi^2 g \cdot d_i^4 \cdot h_{\text{vi}}}{8Q_i^2} \quad (4.5)$$

где: v_i - скорость движения воды внутри гидроударного устройства, м/с:

$$v_i = \frac{4Q_i}{\pi d_i^2} \quad (4.6)$$

$g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ - ускорение свободного падения;

d_i - внутренний диаметр (условный) проходного сечения гидроударного устройства, м;

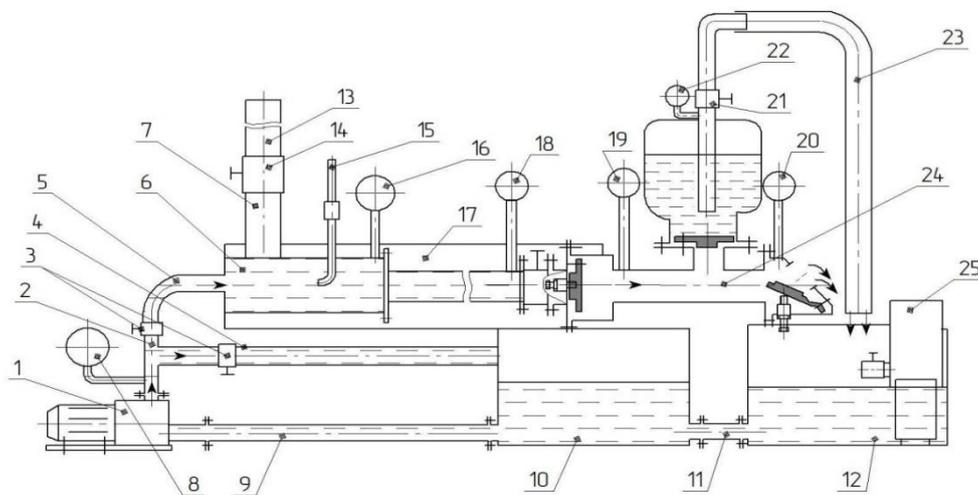
Q_i - расход воды через гидроударное устройство гидротаранной насосной установки, соответствующий потерям h_{vi} , $\text{м}^3/\text{с}$.

Проверку достоверности теоретических предпосылок осуществляли методом аппроксимации опытных данных, принимая за критерий оценки коэффициента корреляции не ниже 0,95, с расхождением опытных данных с теоретическим в пределах 5%.

Испытательный стенд для проведения экспериментальных исследований гидротаранной насосной установки.

Для проведения экспериментальных исследований усовершенствованного образца гидротаранной насосной установки для подъема воды из водотоков были разработаны и изготовлены испытательный стенд и экспериментальная установка (рисунки 4.3 и 4.4), а также подобраны необходимые стандартные измерительные и записывающие приборы.

Стенд моделировал водоток со скоростью течения воды до 1,5 м/с при открытом до 5-10 м/с и при закрытом лотке, расходом воды до 0,01-0,05 м³/с, обеспечивая соединение к водотоку приемной части для гидротаранной насосной установки или всасывающей части других типов насосных установок.



1 -насос центробежный; 2- тройник; 3,14,21- вентили; 4 - труба сливная; 5 – патрубок нагнетательный; 6 –напорный патрубок лотка; 7 - патрубок напорный; 8,16,18,19,20,22 - манометры образцовые; 9 - труба всасывающая; 10,12 – емкости питающая и приемная; 11 - труба соединительная; 13-труба напорная; 15 - трубка гидрометрическая; 17- лоток водоподающий; 22 - напорная часть насосной установки; 23 - сливной рукав; 24 - гидротаранная насосная установка; 25-мерная ёмкость.

Рисунок 4.3 – Схема стенда для проведения экспериментальных исследований и лабораторных испытания экспериментального образца гидротаранной насосной установки

Стенд состоит из центробежного насоса 1 подачей до 120 м³/час, питающей 10 и приемной 12 емкостей для воды вместимостью 1-1,5 м³, первая из которых соединена трубопроводом 9 со всасывающим партрубком насоса 1 и между собой – трубой 11.

Стенд имеет специальный лоток 17, моделирующий водоток, который через напорный патрубок лотка 6, патрубок нагнетательный 5, задвижку 3 и тройник 2 соединен с нагнетательным патрубком насоса 1. Тройник 2 также соединен через вентиль (задвижку) 3 и трубу 4 с питающей емкостью 10.

Лоток водопадающий 17 разделен на 2 части – закрытую и открытую. Закрытую часть лотка 17 с торцевой части имеет напорный патрубок лотка 6, к которому в верхней части через патрубок 7 и вентиль 14 подсоединен труба 13 для связи с атмосферой и создания напора в малых диапазонах (до 3м. водяного столба), а правая часть имеет фланцевое соединение для приёмной части гидротаранной насосной установки 24.

Гидротаранная насосная установка 24 состоит из приёмной части, питающей трубопровод с ударным клапаном, воздушного колпака с обратным клапаном, который через отводной патрубок 22 с манометром 19 и вентилем 21 соединены с рукавом 23, подающим при работе насосной установки воду в приемную емкость 12 или мерную ёмкость 25 во время экспериментальных исследований и лабораторных испытаний гидротаранной насосной установки 24.

Стенд оснащен измерительными приборами: образцовыми манометрами 8,16, 18, 19, 20 и 22 для измерения необходимого напора и гидрометрической трубкой 15 для измерения скорости течения воды в водотоке.



Рисунок 4.4 – Общий вид стенда для проведения экспериментальных исследований и лабораторных испытаний гидротаранной насосной установки

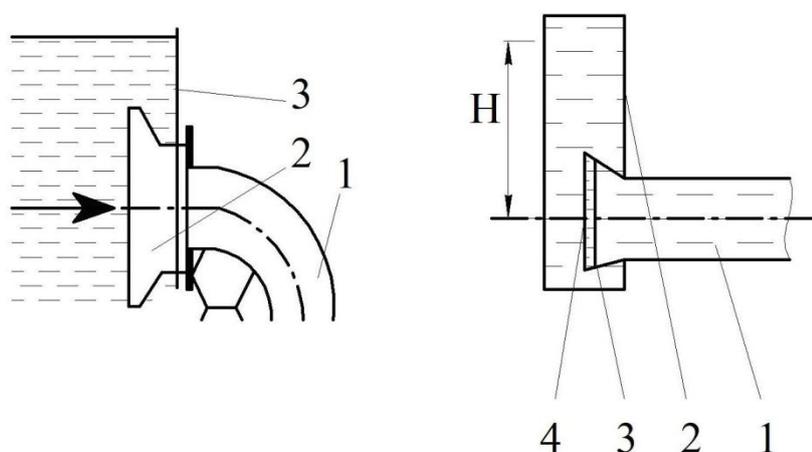
Разработанный стенд позволил в лабораторных условиях проводить экспериментальные исследования в соответствии с методикой их проведения, проверить соответствие основных параметров гидротаранной насосной установки технической документации, а также установить оптимальный режим ее работы и уточнить при необходимости некоторые параметры и проводить лабораторные испытания на определение основных параметров насосной установки.

4.3 Результаты экспериментальных исследований гидротаранной насосной установки

Выбор рационального варианта гидроударного устройства гидротаранной насосной установки.

Экспериментально был выбран рациональный вариант гидроударного устройства гидротаранной насосной установки – приёмная часть с питающим трубопроводом; ударный, нагнетательный и обратный клапаны; устройство для запуска технологического процесса и воздушный колпак с водоподающим трубопроводом (рукавом).

Выбор конструктивно–технологической схемы приёмной части с питающим трубопроводом определяли путем апробации и двух вариантов исполнения: приемной части в виде конуса с фильтром 2, рамы - щитом 3 на входной части питающей трубы 1, приемной части в виде конуса с фильтром 3, сеткой 4 и подпитывающей перемычкой 2 на входной части питающей трубы 1 (рисунок 4.5 а, б) с оценкой по критерию наибольшей высоты подпора и наибольшей скорости (расхода) воды в питающем трубопроводе насосной установки.



а) - приемная часть в виде конуса с фильтром и рамы
1 - питающая труба; 2 - конус с фильтром; 3 - рама-щит
4 - сетка

б) - приемная часть в виде конуса с щитом с фильтром, сеткой и подпитывающей перемычкой
1- питающая труба;
2 - перемычка; 3 - конус с фильтром;

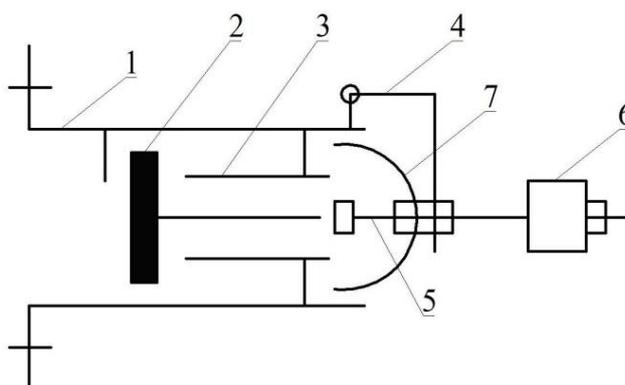
Рисунок 4.5 - Конструктивно–технологическая схема вариантов приёмной части с питающим трубопроводом гидротаранной насосной установки

Из двух апробированных вариантов приёмной части с питающим трубопроводом для дальнейших исследований принят вариант приемной части в виде конуса с фильтром и подпитывающей перемычкой на входной части, которая создает наибольший скоростной напор, увеличивая общий напор гидротурбинной насосной установки.

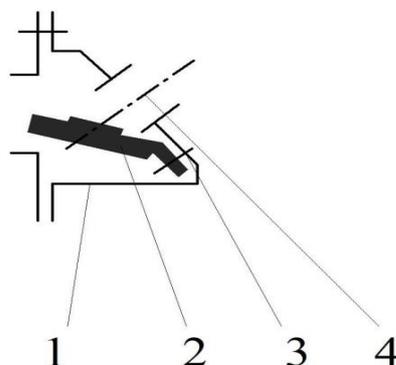
Выбор рационального варианта гидроударного клапана определяли путем апробации ряда вариантов, отличающихся исполнением клапана, корпуса клапана, его перемещением и регулированием хода с оценкой по критерию надежности его работы и наибольшему создаваемому ударному напору.

Из трех экспериментально испытанных вариантов ударного клапана (рисунки 4.6 а,б,в) гидротаранной насосной установки наилучшим по критерию

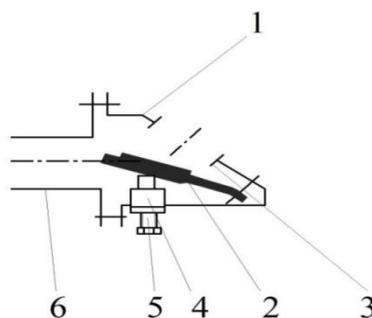
надежности его работы и наибольшему создаваемому гидроударному напору оказался вариант «в», который принят для дальнейших исследований.



а) - ударный плоский клапан с осевым перемещением и полусферическим диском
1-корпус; 2-плоский клапан; 3- седло; 4- кронштейн противовеса; 5 - шток; 6- груз; 7- полусферический диск



б)- ударный эластичный клапан с угловым перемещением и без регулирования его хода
1 - корпус; 2 - эластичный клапан; 3 - седло; 4 - отверстие седла



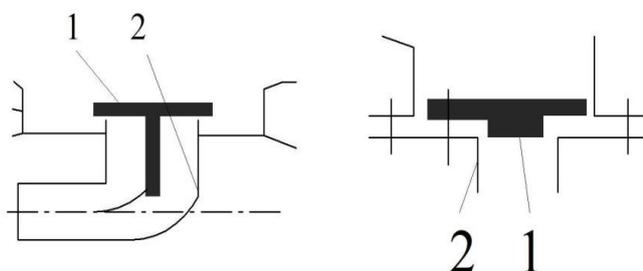
в)- ударный эластичный клапан с угловым перемещением и регулированием его хода
1- корпус; 2 - эластичный клапан; 3 - седло; 4 - втулка; 5 - упорный винт;
6 - питающая труба

Рисунок 4.6 - Конструктивно–технологическая схема вариантов ударного клапана гидротаранной насосной установки

Принятый ударный клапан выполнен под углом подвешенного в горизонтальной плоскости эластичного плоского клапана 2, соприкасающегося

с седлом 3 корпуса 1 и регулируемым ходом ударного клапана на оптимальный режим его работы посредством снабжения корпуса 1 ударного клапана 2 упорным винтом 5, соприкасающимся с наружной поверхностью клапана 2 и перемещаемый посредством резьбового соединения во втулке 4 и фиксирующего контргайкой.

Выбор рационального варианта нагнетательного клапана определяли путем апробации двух вариантов, отличающихся исполнением клапана и его перемещением с оценкой по критерию простоты конструкции и надежности работы. Из двух экспериментально испытанных вариантов нагнетательного клапана (рисунок 4.7 а,б) гидротаранной насосной установки наилучшим по критерию простоты его конструкции и надежности работы оказался вариант «б», который был принят для дальнейших исследований. Принятый нагнетательный клапан 1 выполнен эластичным с угловым его перемещением и седлом 2 без каких - либо направляющих, прост по конструкции и ремонтоспособен в условиях хозяйств.

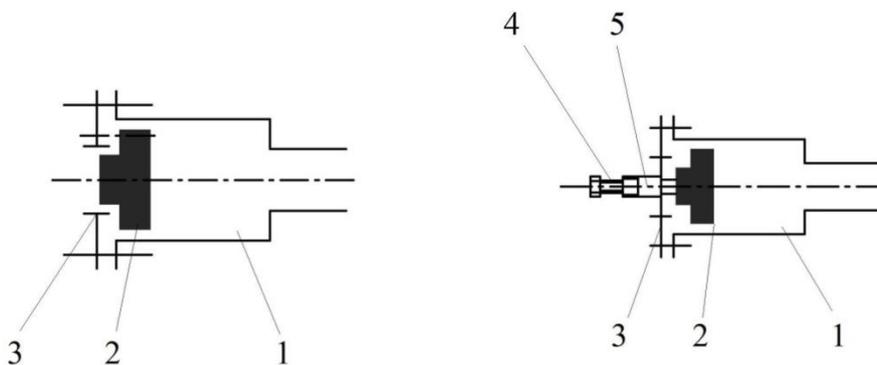


а) – нагнетательный плоский клапан с осевым перемещением
1 – плоский клапан с направляющей;
2- седло

б) – нагнетательный эластичный клапан с угловым перемещением
1- эластичный клапан; 2- седло

Рисунок 4.7 – Конструктивная схема вариантов нагнетательного клапана гидротаранной насосной установки

Выбор рационального варианта обратного эластичного клапана с угловым перемещением определяли в двух вариантах, отличающихся исполнением клапана и способом регулирования ограничения его хода, вовремя гидроударного процесса. Из двух экспериментально испытанных вариантов обратного клапана (рисунок 4.8 а,б) гидротаранной насосной установки наилучшим с оценкой по критерию большей продолжительности нагнетания воды в емкость воздушного колпака оказался вариант «б», который принят для дальнейших исследований.



а) – обратный эластичный клапан с угловым перемещением и закрытием отверстия седла на 2/3 его сечения
1-корпус; 2-клапан; 3-седло

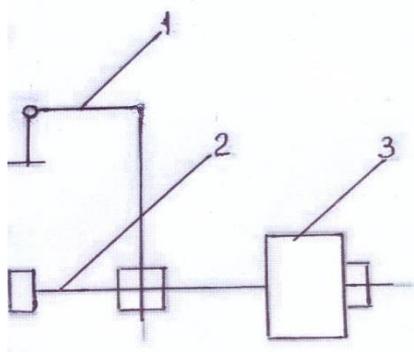
б) обратный эластичный клапан с угловым перемещением и регулируемым ограничителем хода
1-корпус; 2-клапан; 3-седло; 4-винт; 5-втулка

Рисунок 4.8 – Конструктивная схема вариантов обратного клапана гидротаранной насосной установки

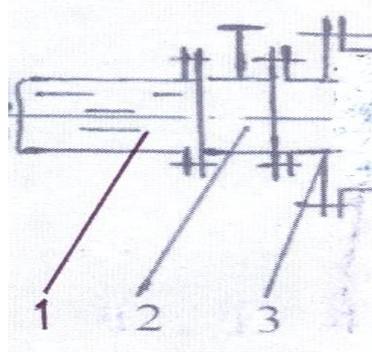
Принятый обратный клапан 2 (рисунок 4.8 б) выполнен эластичным с угловым его перемещением и регулированием ограничения хода закрытия посредством двух упорных винтов 4, соприкасающихся с внутренней поверхностью обратного клапана и перемещаемых посредством резьбового соединения во втулках 5, жёстко соединённых с фланцем корпуса 1, и фиксирующих контргайками.

Выбор рационального варианта устройства для запуска и остановки гидроударного процесса определяли в двух вариантах, отличающихся исполнением устройства с оценкой по критерию надёжности его работы, удобства, простоты техобслуживания и соблюдения техники безопасности. Из двух экспериментально испытанных вариантов устройства для запуска и остановки гидроударного процесса (рисунок 4.9 а,б) гидротаранной насосной установки наилучшим по критерию надёжности его работы, удобства, простоты техобслуживания и соблюдения техники безопасности оказался вариант «б», который принят для дальнейших исследований. Принятое устройство для запуска и остановки гидроударного процесса выполнено в виде задвижки, установленной на входе камеры питающего трубопровода.

Выбор рационального варианта воздушного колпака с водоподающим трубопроводом (рукавом) для непрерывной подачи воды потребителю при помощи гидротаранной насосной установки определяли в двух вариантах, отличающихся конструктивным их исполнением с оценкой по критерию наименьших потерь напора, надёжности их работы, удобства и простоты техобслуживания.



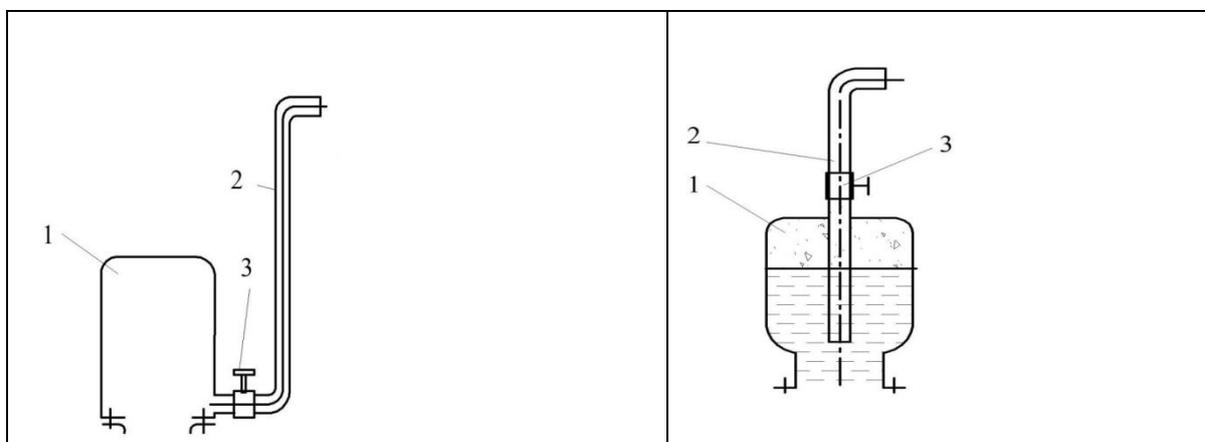
а) – устройство для запуска и остановки гидроударного процесса в виде шарнирного противовеса, взаимодействующего с ударным клапаном
1-рычаг; 2- шток; 3-груз



б) – устройство для запуска и остановки гидроударного процесса в виде задвижки, установленной на питающем трубопроводе
1-питающая труба; 2-задвижка;
3-соединительный патрубок

Рисунок 4.9 – Конструктивная схема вариантов устройства для запуска и остановки гидроударного процесса гидротаранной насосной установки

Из двух экспериментально испытанных вариантов воздушных колпаков с водоподающим рукавом ГНУ для непрерывной подачи воды наилучшим по критерию наименьших потерь напора, надежности их работы, удобства и простоты техобслуживания оказался вариант «б», который принят для дальнейших исследований, (рисунок 4.10 а, б).



а)-воздушный колпак с водоподающим рукавом и наружным отводным патрубком
1-воздушный колпак; 2-водоподающий рукав; 3-задвижка

б)- воздушный колпак с водоподающим рукавом и водоотводной трубой внутри колпака
1- воздушный колпак; 2-водоподающий рукав; 3- задвижка с отводной трубой

Рисунок 4.10 – Конструктивная схема вариантов воздушного колпака с водоподающим рукавом гидротаранной насосной установки для непрерывной подачи воды потребителю

Принятый воздушный колпак с водоподающим рукавом для непрерывной подачи воды потребителю выполнен водоотводной трубой

внутри воздушного колпака.

Исследование гидротаранного способа водоподъема из водотоков, проверка и уточнение достоверности теоретических предпосылок

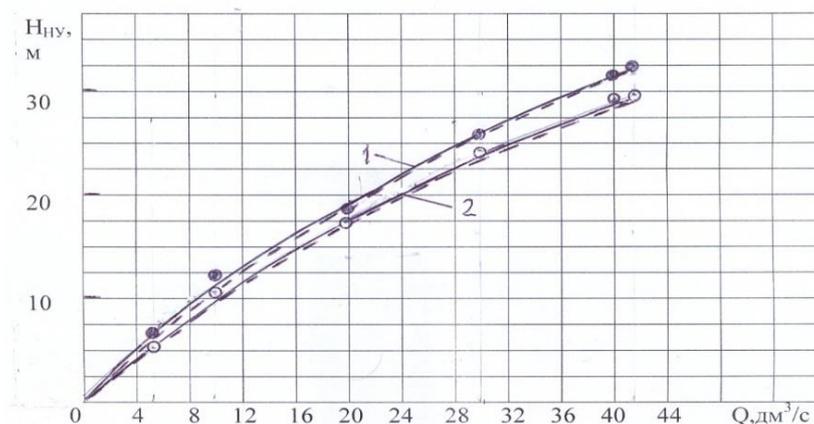
Экспериментальные исследования гидротаранного способа водоподъема из водотоков по разработанной вышеметодике на экспериментальном образце усовершенствованной гидротаранной насосной установки на экспериментально выбранном рациональном варианте гидроударного устройства и выполнялись на испытательном стенде, моделирующим водоток.

Целью экспериментальных исследований являлось изучение протекающих процессов гидротаранного способа водоподъема усовершенствованного образца гидротаранной насосной установки, определение выходных параметров гидротаранной насосной установки: напора $H_{\text{ну}}$, подачи $Q_{\text{ну}}$, мощности $N_{\text{ну}}$ от общего расхода воды Q и КПД $\eta_{\text{ну}}$, от подачи насосной установки $Q_{\text{ну}}$, а также проверка достоверности и уточнение теоретических предпосылок по технологическому процессу водоподъема: формул создаваемого напора $H_{\text{ну}}$ (3.12), подачи $Q_{\text{ну}}$ (3.14), потребляемой мощности $N_{\text{ну}}$ (3.20) и КПД $\eta_{\text{ну}}$ (3.21) гидротаранной насосной установки.

Для осуществления поставленной цели, были выявлены наиболее существенные факторы, влияющие на протекающие процессы, выраженные функциональными и аналитическими зависимостями. Эксперименты проводили при принятом типоразмере экспериментального образца гидротаранной насосной установки: для обводнения пастбищ – подача $Q_{\text{ну}}=6,84 \text{ м}^3/\text{час}$ ($0,0019 \text{ м}^3/\text{с}$), напор $H_{\text{ну}}=12 \text{ м}$, расход воды $Q_{\text{в}}=0,013 \text{ м}^3/\text{с}$; для орошения земель – подача $Q_{\text{ну}}=17,7 \text{ м}^3/\text{час}$ ($0,0049 \text{ м}^3/\text{с}$), напор $H_{\text{ну}}=20 \text{ м}$, расход воды $Q_{\text{в}}=0,057 \text{ м}^3/\text{с}$.

Основными критериями оценки при исследовании технологического процесса гидротаранного способа водоподъема и эффекта гидроудара были приняты расход воды Q , подача насосной установки $Q_{\text{ну}}$ и напор водотока $H_{\text{н}}$.

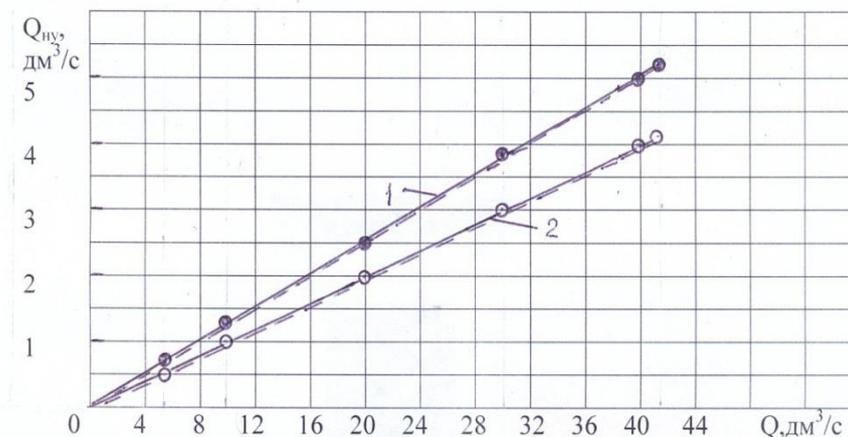
Результаты экспериментальных исследований технологического процесса гидротаранной насосной установки представлены графиками зависимостей $H_{\text{ну}}$, $Q_{\text{ну}}$, $N_{\text{ну}} = f(Q)$ и $\eta_{\text{ну}} = f(Q_{\text{ну}})$ [62], на которые даны аналогичные теоретические зависимости (рисунки 4.11 -4.14).



— теоретические; ---- экспериментальные

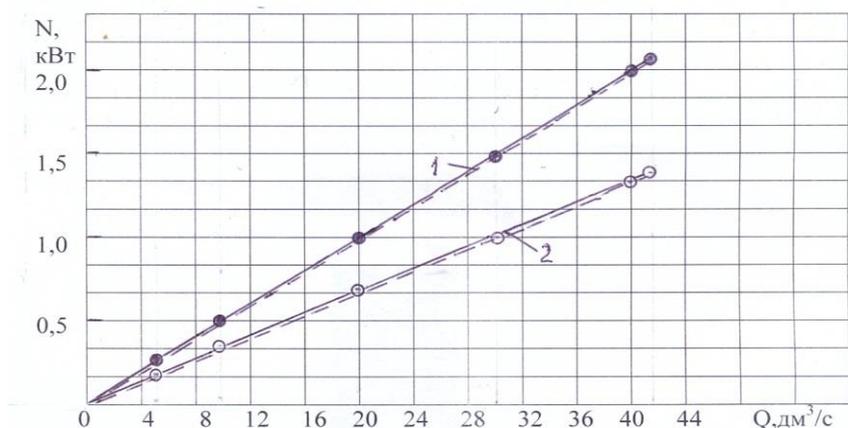
●1 – при напоре водотока $H_{\text{н}} = 5,08 \text{ м}$; ○2 - при напоре водотока $H_{\text{н}} = 3,42 \text{ м}$

Рисунок 4.11 –Зависимость напора $H_{\text{нп}}$ гидротаранной насосной установки от общего расхода воды водотока Q



- теоретические; ----- экспериментальные
 ●1 –при напоре водотока $H_n = 5,08$ м; ○2 - при напоре водотока $H_n = 3,42$ м

Рисунок 4.12 –Зависимость подачи $Q_{\text{нп}}$ гидротаранной насосной установки от общего расхода воды водотока Q на её привод



- теоретические; ----- экспериментальные
 ●1 – при напоре водотока $H_n = 5,08$ м; ○2 - при напоре водотока $H_n = 3,42$ м

Рисунок 4.13 –Зависимость потребляемой мощности $N_{\text{нп}}$ гидротаранной насосной установки от общего расхода воды водотока Q на её привод



- теоретические; ----- экспериментальные
- 1 – при напоре водотока $H_H = 3,42$ м; ○2 - при напоре водотока $H_H = 5,08$ м

Рисунок 4.14 –Зависимость КПД $\eta_{нп}$ гидротаранной насосной установки от её подачи $Q_{нп}$

Достоверность теоретических формул (3.13), (3.14), (3.20) и (3.21) подтверждены экспериментально (расхождение не превышает 3-5%).

Результаты теоретических исследований апробированы на экспериментальном стенде, моделирующем водоток.

Из графика (рисунок 4.11) следует, что напор $H_{нп}$ гидротаранной насосной установки при разных режимах водотока возрастает с увеличением его общего расхода воды Q и изменяется по криволинейной зависимости от 5 - 6,7 м до 31 – 32м при расходе воды от 5 до 41,4дм³/с.

График (рисунок 4.12) показывает, что подача $Q_{нп}$ гидротаранной насосной установки при разных режимах водотока возрастает с увеличением его общего расхода воды. Q изменяется по криволинейной зависимости от 0,5- 0,625 дм³/с до 4,14 – 5,19дм³/с при расходе воды от 5 до 41,4дм³/с.

Из графика (рисунок 4.13) следует, что потребляемая мощность $N_{нп}$ гидротаранной насосной установки при разных режимах водотока возрастает с увеличением его общего расхода воды Q и изменяется по прямолинейной зависимости от 0,17- 0,25 до 1,39 - 2,06 кВт при расходе воды от 5 до 41,4дм³/с.

График (рисунок 4.14) показывает, что КПД $\eta_{нп}$ гидротаранной насосной установки при разных режимах водотока возрастает с увеличением его общего расхода воды Q и изменяется по криволинейной зависимости от 0,132- 0,146 до 0,778– 0,871 при подаче (0,5-4,14) дм³/с и (0,625- 5,19)дм³/с и расходе воды от 5 до 41,4дм³/с.

Полученные результаты экспериментальных исследований технологического процесса гидротаранной насосной установки по зависимостям $N_{нп}$, $Q_{нп}$, $N_{нп} = f(Q)$ и $\eta_{нп} = f(Q_{нп})$ вполне соответствовали расчётным значениям, полученным по формулам с расхождением в 3-5%.

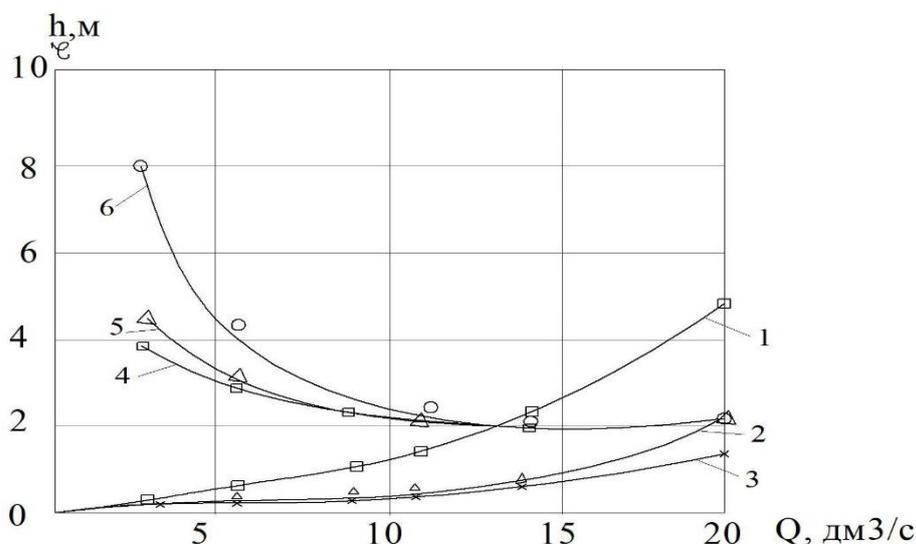
Проведены экспериментальные исследования по определению потерь

напора $h_{гy}$, коэффициента трения $\zeta_{гy}$ в гидродарном устройстве гидротаранной насосной установки.

На графике (рисунок 4.15) даны зависимости: потерь напора $h_{птp}$ и коэффициента сопротивления $\zeta_{птp}$ в питающем трубопроводе от общего расхода воды Q : $h_{птp}, \zeta_{птp}=f(Q)$; потерь напора $h_{укл}$ и коэффициента сопротивления $\zeta_{укл}$ в ударном клапане от расхода через него воды $Q_{сб}$: $h_{укл}, \zeta_{укл}=f(Q_{сб})$; потерь напора $h_{нкл}$ и коэффициента сопротивления $\zeta_{нкл}$ в нагнетательном клапане от расхода через него воды $Q_{ну}$: $h_{нкл}, \zeta_{нкл}=f(Q_{ну})$, которые показали, что потери напорав гидродарном устройстве гидротаранной насосной установки увеличиваются с увеличением расхода воды.

Из графиков следует, что при изменении расхода воды Q от 2,5 дм³/с до 20 дм³/с потери напора $h_{гy}$ и коэффициенты сопротивления $\zeta_{гy}$ в гидродарном устройстве гидротаранной насосной установки составили: для питающего трубопровода $h_{птp}=0,5 - 2,2$ м, $\zeta_{птp}=3,7 - 2$; для ударного клапана $h_{укл}=0,6 - 4,8$ м, $\zeta_{укл}=7,8 - 2$; для нагнетательного клапана $h_{нкл}=0,4 - 1,4$ м, $\zeta_{нкл}=4,3 - 2$.

Расхождения экспериментальных значений потерь напора h_i не превышают 3-5% от теоретических.



— теоретические; о, Δ, х, □ - экспериментальные

1,2,3- потери напора в ударном клапане, питающем трубопроводе и нагнетательном клапане; 4,5,6 -коэффициента сопротивления в нагнетательном клапане, питающем трубопроводе и ударном клапане

Рисунок 4.15 – Зависимости потерь напора $h_{птp}$ и коэффициента сопротивления $\zeta_{птp}$ в питающем трубопроводе от общего расхода воды Q , потерь напора $h_{укл}$ и коэффициента сопротивления $\zeta_{укл}$ в ударном клапане от расхода через него воды $Q_{сб}$ и потерь напора $h_{нкл}$ и коэффициента сопротивления $\zeta_{нкл}$ в нагнетательном клапане от расхода через него воды $Q_{н}$

4.4 Проведение лабораторных и натурных испытаний экспериментального образца гидротаранной насосной установки

Методика проведения лабораторных и натурных испытаний экспериментального образца гидротаранной насосной установки.

Лабораторные испытания экспериментального образца гидротаранной насосной установки проведены на испытательном стенде в лабораторных условиях и натурные испытания – на естественных по разработанной методике проведения испытаний с определением основных параметров экспериментального образца: подачи, напора, полезной и потребляемой мощности и КПД.

Лабораторные испытания насосной установки проводились в два этапа:

- на проверку работоспособности гидроударного устройства: приёмной части; гидроударного, нагнетательного и обратного клапанов; устройства для запуска и остановки гидроударного процесса; воздушного колпака с водоотводным рукавом и задвижкой;

- испытание по определению основных параметров экспериментального образца гидротаранной насосных установок: подачи $Q_{\text{ну}}$, создаваемого напора $H_{\text{ну}}$, мощности полезной $N_{\text{п}}$ и потребляемой $N_{\text{ну}}$ и КПД $\eta_{\text{ну}}$.

Для определения основных параметров гидротаранной насосной установки проводят следующие замеры и их последовательность.

Приемную часть насосной установки погружают в водоток или соединяют с водоподающей трубой стенда, создающего водоток, а после стабилизации технологического процесса насосной установки, проводят следующие замеры в 3-кратной повторности: объем подаваемой воды по водоподъёмному рукаву насосной установки в мерную тарированную емкость V_i и время замера по секундомеру t_i ; избыточное давление (напор) в нагнетательном патрубке насосной установки H_m по показаниям образцового манометра; потребный объем воды, проходящий через насосную часть, в тарированную емкость $V_{\text{п}}$ и время её заполнения по секундомеру $t_{\text{п}}$.

Обработку результатов испытаний по полученным замерам проводят по формулам, приведенным в методике экспериментальных исследований гидротаранной насосной установки.

Полученные параметры лабораторных и натурных испытаний экспериментальных образцов гидротаранной насосной установки сравнивают с исходными параметрами по ТЗ и делают соответствующие выводы для их доработки с внесением изменений в техническую документацию на экспериментальный образец гидротаранной насосной установки для последующей разработки опытного образца и внедрения.

Результаты проведения лабораторных и натурных испытаний экспериментального образца гидротаранной насосной установки и доработка конструкции.

Лабораторные испытания экспериментального образца гидротаранной насосной установки проводили на изготовленном в ТОО «TASBULAK» испытательном стенде в лабораторных условиях (рисунок 4.4) и в натурных условиях на реке Малая Алматинка (г. Алматы) и на реке Каратал (г.Талдыкурган) по разработанной выше методике с определением основных

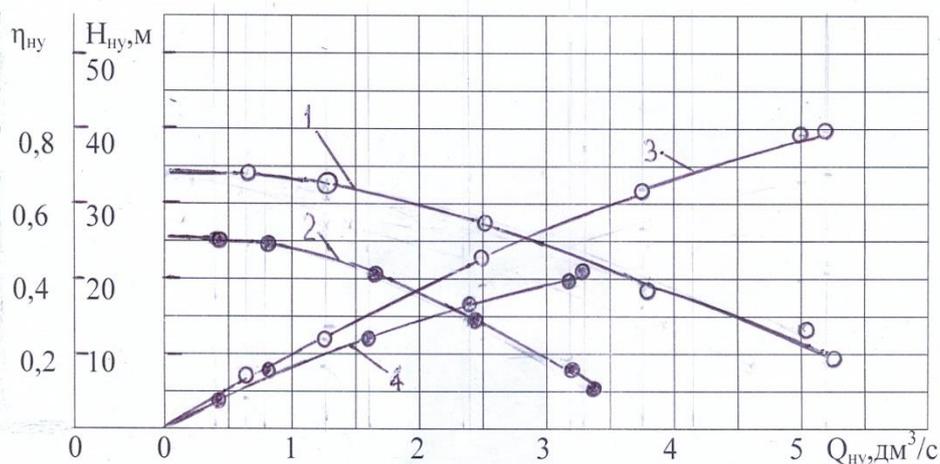
параметров: подачи Q_{Hy} по формуле (4.1), создаваемого напора H_{Hy} по показаниям образцового манометра, мощности полезной $N_{\text{п}}$ по формуле (1.19) и потребляемой N_{Hy} по формуле (4.2), КПД η_{Hy} насосной установки по формуле(4.3).

Лабораторные испытания гидротаранной насосной установки проводили в два этапа:

- проверку работоспособности гидроударного устройства: приёмной части с питающим трубопроводом; ударного, нагнетательного и обратного клапанов; устройства для запуска и остановки гидроударного процесса; воздушного колпака с водоподающим рукавом;

- испытание по определению основных параметров гидротаранной насосной установки: подачи Q_{Hy} , создаваемого напора H_{Hy} , мощности полезной $N_{\text{п}}$ и потребляемой N_{Hy} и КПД η_{Hy} насосной установки.

Результаты лабораторных испытаний экспериментального образца гидротаранной насосной установки приведены на рисунке 4.16, где на графике даны данные сравнительных лабораторных испытаний двух вариантов гидротаранной насосной установки по зависимостям напора H_{Hy} и КПД η_{Hy} от подачи Q_{Hy} при напоре водотока $H_{\text{H}} = 5,08$ м.



○1 –напор гидротаранной насосной установки (вариант 2) ; ●2 – напор гидротаранной насосной установки (вариант 1) ; ○3 –КПД гидротаранной насосной установки (вариант 2) ; ●4 -КПД гидротаранной насосной установки (вариант 1)

Рисунок 4.16 – Результаты лабораторных испытаний двух вариантов гидротаранной насосной установки по зависимостям напора H_{Hy} и КПД η_{Hy} от подачи Q_{Hy} при напоре водотока $H_{\text{H}} = 5,08$ м

Вариант 1 гидротаранной насосной установки - это типоразмер (аналог), разработанный в КазНАИУ по грантовому проекту по линии Комитета науки Министерства образования Республики Казахстан, который защищён патентом на изобретение KZ №29911 «Гидротаранная насосная установка» [38].

Вариант 2 гидротаранной насосной установки - это типоразмер усовершенствованной гидротаранной насосной установки, разработанный при выполнении данной диссертационной работы с моим участием, аналог

который защищён патентом на изобретение KZ № 34027, патентообладателем является КазНАИУ. Данный аналог доработан на который подано заявка на патент номер заявки №2023/036.1 [11, Приложение В].

Из графика (рисунок 4.16) следует, что гидротаранная насосная установка (вариант 2) по сравнению с гидротаранной насосной установкой (вариант 1) имеет существенное преимущество: подача увеличивается при напоре $H_{ny}=25\text{м}$ с $0,8 \text{ дм}^3/\text{с}$ до $2,8 \text{ дм}^3/\text{с}$ (в 3,5 раза), а при напоре $H_{ny}=10\text{м}$ с $2,9 \text{ дм}^3/\text{с}$ до $5,2 \text{ дм}^3/\text{с}$ (в 1,8 раз); максимальный КПД η_{ny} увеличивается с 0,41 до 0,78 (в 1,9 раз).

Результаты натуральных испытаний усовершенствованного экспериментального образца гидротаранной насосной установки для орошения земель в зонах водотоков даны в таблице 4.1.

Фрагмент испытаний экспериментального образца гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ в натуральных условиях показан на рисунке 4.17, а фрагмент испытаний - на рисунке 4.18.

Таблица 4.1- Результаты натуральных испытаний экспериментального образца гидротаранной насосной установки для орошения земель в зонах водотоков

Наименование показателей	Обозначение, ед. измерения	Значение показателей по техдокументации	Значение показателей по испытаниям
Подача насосной установки	Q_{ny} , м ³ /час	до 5	10,1-18,7
Напор насосной установки	H_{ny} , м	до 12 -20	10-25
Расход воды на привод насосной установки	Q_v , м ³ /с	-	0,013-0,057
Напор водотока	H_n , м	не менее 0,5-1	3,42-5,08
Скорость воды в приёмном фильтре	v , м/с	1,2-1,5	1,0-1,5
Дебит водотока	D , м ³ /с	0,01-0,05	100-150
Мощность насоса: полезная затраченная	N_n , кВт	0,2-1,25	0,28-1,27
	N_{ny} , кВт	0,4 - 2,5	0,44-2,8
КПД насосной установки	η_{ny}	не менее 0,5	0,45-0,64
Частота переключения ударного лапана	n , мин ⁻¹	30	30-90

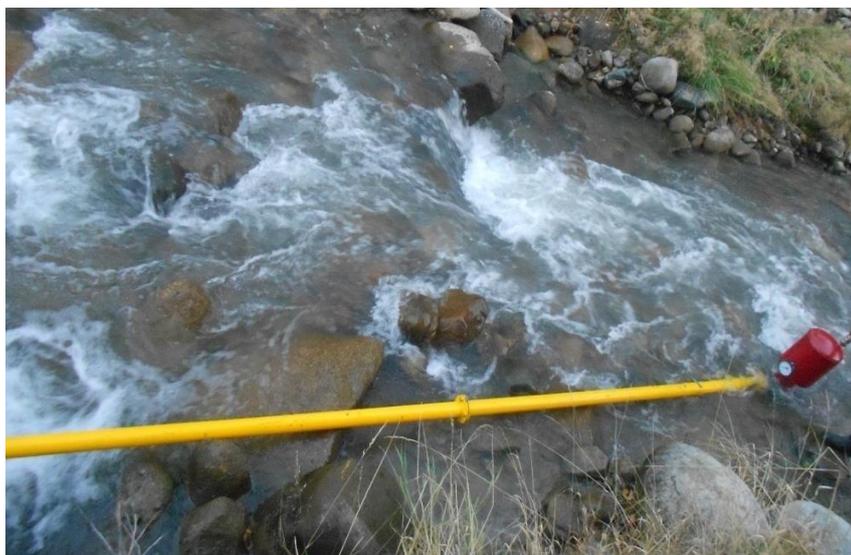


Рисунок 4.17 - Фрагмент испытаний экспериментального образца гидротаранной насосной установки в натуральных условиях



Рисунок 4.18 – Фрагмент испытаний экспериментального образца усовершенствованной гидротаранной насосной для орошения земель в зонах водотоков в натуральных условиях

Проведённые испытания экспериментального образца усовершенствованной гидротаранной насосной для орошения земель в зонах водотоков в натуральных условиях, показали положительные результаты.

Выводы по разделу 4

1. В результате проведенных экспериментальных исследований усовершенствованного экспериментального образца гидроструйной насосной установки, выбран оптимальный вариант гидроударного устройства, определены зависимости выходных параметров гидротаранной насосной установки: напора $H_{\text{ну}}$, подачи $Q_{\text{ну}}$, мощности $N_{\text{ну}}$ от общего расхода воды Q и коэффициента полезного действия $\Pi_{\text{ну}}$ от подачи насосной установки $Q_{\text{ну}}$, на основании которых подтверждена достоверность теоретических формул данных зависимостей с расхождением в 3-5%. При увеличении расхода воды на привод насосной установки от 5 до 41,4 дм³/с, имеем: напор увеличивается с 5 - 6,7 м до 31 - 32 м; подача - с 0,5 - 0,625 дм³/с до 4,14 - 5,19 дм³/с; потребляемая мощность - с 0,17 - 0,25 кВт до 1,39 - 2,06 кВт и КПД увеличивается с 0,132 - 0,146 до 0,778 - 0,871.

2. На основании экспериментальных исследований определены в гидрударном устройстве потери напора $h_{\text{гу}}$, коэффициенты трения $\zeta_{\text{гу}}$ которые составили при изменении расхода воды Q от 2,5 дм³/с до 20 дм³/с: для питающего трубопровода $h_{\text{птр}} = 0,5 - 2,2$ м, $\zeta_{\text{птр}} = 3,7 - 2$; для ударного клапана $h_{\text{укл}} = 0,6 - 4,8$ м, $\zeta_{\text{укл}} = 7,8 - 2$ и для нагнетательного клапана $h_{\text{нкл}} = 0,4 - 1,4$ м, $\zeta_{\text{нкл}} = 4,3 - 2$.

3. На основании сравнительных лабораторных испытаний усовершенствованного экспериментального образца гидротаранной насосной установки с аналогом установлено существенное преимущество по улучшению основных параметров: подача увеличивается при напоре $H_{\text{ну}} = 25$ м с 0,8 дм³/с до 2,8 дм³/с (в 3,5 раза), а при напоре $H_{\text{ну}} = 10$ м с 2,9 дм³/с до 5,2 дм³/с (в 1,8 раза); максимальный КПД $\eta_{\text{ну}}$ увеличивается с 0,41 до 0,78 (в 1,9 раза).

4. Проведённые натурные испытания экспериментального образца усовершенствованной гидротаранной насосной для орошения земель в зонах водотоков показали положительные результаты: подача - 10,1 - 18,7 м³/ч, напор 10 - 25 м, потребляемая мощность 0,44 - 2,8 кВт и КПД 0,45 - 0,64 при напоре водотока 3,42 - 5,08 м и общем расходе воды 0,013 - 0,057 м³/с.

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

5.1 Выбор методики расчета экономической эффективности разработки

Экономическая эффективность выполненных исследований во многом зависит и от эффективности принятой технологии и работающей по ней принятой гидротаранной насосной установки. Принимая известную методику расчета за основу, основанную на сравнении эффективности новой разработанной насосной установки по сравнению с базовой.

Расчет экономической эффективности усовершенствованного образца гидротаранной насосной установки выполнен по специальным методикам в соответствии с ГОСТ 2328-88 и ГОСТ 23730-88 [73-76] с использованием данных исходных требований и технических характеристик базовых насосных установок [4,5] и с учетом рыночных цен на 07.03.2023г. [77].

В настоящее время для водоснабжения крестьянских и фермерских хозяйств из открытых водоисточников, в том числе из водотоков преимущественно используют традиционные центробежные насосные установки с приводом насоса от бензиновых двигателей внутреннего сгорания мощностью 1,5кВт и 5,9кВт. Других альтернативных установок с использованием для кинетической энергии воды водотоков в производстве в настоящее время нет.

В качестве базовых насосных установок по основным параметрам (подаче и напору) приняты: для обводнения пастбищ - насосный агрегат АН-2К-М1 с

приводом насоса от бензинового двигателя внутреннего сгорания 2СД-М2 мощностью 1,5кВт., а для орошения земель - насосный агрегат АНС-60Д с приводом насоса от бензинового двигателя внутреннего сгорания УД-2 мощностью 5,9кВт., которые промышленностью серийно изготавливаются и имеются на внутреннем рынке сбыта.

Расчет экономической эффективности разработки заключался в определении основных технико-экономических показателей предложенной насосной установки для новой технологии водоподъема из водотоков и базовой насосной установки для традиционной технологии водоподъема: балансовых цен, годовой выработки и годовых загрузок; удельных эксплуатационных затрат: отчислений на реновацию, на ремонт и техобслуживание, затарт на зарплату и топливо; удельных капвложений и трудозатрат, удельных затрат, энергии; годового экономического эффекта на одну установку и суммарного по зоне и срока окупаемости капвложений.

Экономический эффект разработанных типоразмеров гидротаранных насосных установок будет получен в основном за счёт неполного времени использования обслуживающего персонала и экономии топлива.

5.2 Расчёт основных показателей базового насосного агрегата и новой гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ.

Исходные данные для определения экономической эффективности гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ:

Исходные данные для расчета экономической эффективности гидротаранной насосной установки внесены в таблицу 5.1, где указаны основные источники принятых и расчетных величин.

Таблица 5.1–Исходные данные для расчёта экономической эффективности гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ

	Обозначения	Ед. изм	Предлагаемая гидротаранная Насосная установка		Базовая насосный агрегат АН-2К-9-М1	
			Величина	Источник	Величина	Источник
1	2	3	4	5	6	7
Тип насосной установки			Гидротаранный		Центробежный	
Подача	$Q_{ну}$	м ³ /ч	6,84	расчет	7	паспорт
Напор (высота)	$H_{ну}$	м	12	расчет	12	расчет
Количество обслуживающих	L	чел	0,125	расчет	1	паспорт
Потребляемая мощность	$N_{ну}$	кВт	0,65	расчет	1,1	паспорт

Приводной двигатель	Марка		от движущейся воды водотока		СД-М2 мощностью 1,5 кВт (2л.с.)	
Годовая загрузка	T_d	дней	265	исходн. требован.	265	расчет
Суточное водопотребление	$Q_{сут}$	$м^3$	36	исходн. требован.	36	расчет
Годовая выработка	Π	$м^3$	9540	расчет	9540	расчет
Годовая загрузка	T_ϕ	ч	1484	расчет	1490	расчет
Балансовая цена насосной установки	$\text{Ц}_б$	тенге	63734	расчет	59986	расчет
Норма отчисления на реновацию	A	%	16,6	норматив	16,6	норматив.
Нормы отчисления на ремонт	R	%	7,0	норматив	7,0	Норматив

Определение показателей базовой насосной установки АН-2К-М1 для обводнения пастбищ.

Определение выработки насосной установки в течении года:

$$\Pi = q_{сут} \cdot T_d = 36 \cdot 265 = 9540 \text{ м}^3, \quad (5.1)$$

где: $q_{сут} = 36 \text{ м}^3$ – максимальное суточное водопотребление по исходным требованиям новой насосной установки;

$T_d = 265$ дней – максимальная загрузка за сезон использования, принята по исходным требованиям предлагаемой насосной установки.

Определение загрузки насосной установки в течении года:

$$\text{- фактическая загрузка } T_\phi = \frac{\Pi}{Q_H \cdot \eta_{см}} = \frac{9540}{7,0 \cdot 0,915} = 1490 \text{ часов} \quad (5.2)$$

$$\text{- нормативная загрузка } T_H = t_{см} \cdot T_d = 7,0 \cdot 265 = 1855 \text{ часов} \quad (5.3)$$

где: $\eta_{см}$ – коэффициент использования продолжительности рабочей смены:

$$\eta_{см} = \frac{T_ч}{T_ч + T_{то}} = \frac{5,14}{5,14 + 0,66} = 0,9 \quad (5.4)$$

где: $T_ч$ – чистое время работы насосного агрегата за смену, час:

$$T_ч = \frac{q_{сут}}{Q_H} = \frac{36}{7,0} = 5,14 \text{ час} \quad (5.5)$$

$T_{то} = 0,66$ час – время на техобслуживание насосного агрегата.

Балансовая стоимость насосного агрегата определяется по формуле:

$$Ц_B = Ц_{рб} \cdot K = 54533 \cdot 1,1 = 59986 \text{ тенге} \quad (5.6)$$

где: $Ц_{рб}$ - рыночная стоимость насосного агрегата, тенге:

$$Ц_{рб} = Ц_{НА} + Ц_{рук} = 39533 + 15000 = 54\,533 \text{ тенге} \quad (5.7)$$

где: $Ц_{НА} = 39533$ тенге - рыночная стоимость насосного агрегата АН-2К-9-М1 (7000руб·5,6 + 476 = 39 533 тенге);

$Ц_{рук} = 15$ тыс. тенге - цена водоподъемного рукава, диаметром 32 мм совсасывающим фильтром, диаметром 50мм (350Тг/м·30+4500=15000 Тг);

$K=1,1$ - коэффициент увеличения стоимости с учётом транспортных расходов.

Определение отчислений на реновацию:

$$C_a = \frac{Ц_B \cdot A}{\Pi} = \frac{59986 \cdot 0,166}{9540} = 1,04 \text{ тенге/м}^3, \quad (5.8)$$

Определение отчислений на ремонт и техобслуживание:

$$C_p = \frac{Ц_B \cdot R \cdot \frac{T_{\phi}}{T_H}}{\Pi} = \frac{59986 \cdot 0,07 \cdot \frac{1490}{1855}}{9540} = 0,35 \text{ тенге/м}^3, \quad (5.9)$$

Определение отчислений на зарплату:

$$C_z = \frac{З \cdot T_{\phi} \cdot Л}{\Pi} = \frac{291,67 \cdot 1490 \cdot 1}{9540} = 45,55 \text{ тенге/м}^3, \quad (5.10)$$

где $З$ – часовая заработная плата обслуживающего персонала:

$$З = \frac{T_{min}}{T_M} = \frac{70000}{240} = 291,6 \text{ тенге/час} \quad (5.11)$$

где $З_{min} = 19966$ $З_{min} = 70\,000$ тенге – минимальная установленная заработная плата Законом РК («О республиканском бюджете на 2023-2025 годы»).

$T_M = 240$ час – нормативная месячная загрузка.

Определение затрат на топливо – смазочные материалы:

$$C_T = \frac{Ц_T \cdot G_T \cdot T_{\phi}}{\Pi} = \frac{190 \cdot 0,57 \cdot 1490}{9540} = 16,91 \text{ тенге/м}^3, \quad (5.12)$$

где: $Ц_T$ – комплексная цена 1 кг бензина А-92:

$$Ц_T = Ц_p \cdot K_{CM} = 182 \cdot 1,044 = 1190 \text{ тенге}, \quad (5.13)$$

где: $C_p = 182$ тенге рыночная цена 1 кг бензина марки А-92 (на 12.2021год);
 $K_{см} = 1,044$ – коэффициент удорожания топлива за счет использования смазочных материалов (для карбюраторных двигателей – 4,4%);

$G_T = 0,57$ кг – часовой расход топлива для двигателя 2СД-М2 при потребляемой мощности 1,1 кВт (по опытным данным);

$T_\phi = 1490$ часов – годовая фактическая загрузка.

Определение удельных эксплуатационных затрат:

$$Z_y = C_a + C_p + C_z + C_T = 1,04 + 0,35 + 45,55 + 16,91 = 63,85 \text{ тенге/м}^3, \quad (5.14)$$

Определение удельных капвложений:

$$K_y = \frac{C_6}{\Pi} = \frac{59986}{9540} = 6,29 \text{ тенге/м}^3. \quad (5.15)$$

Определение удельных трудозатрат:

$$T_y = \frac{L \cdot T_\phi}{\Pi} = \frac{1 \cdot 1490}{9540} = 0,156 \text{ чел} \cdot \text{ час/м}^3 \quad (5.16)$$

Определение удельных затрат энергии:

$$N_y = \frac{N_H \cdot T_\phi}{\Pi} = \frac{1,1 \cdot 1490}{9540} = 0,172 \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{м}^3}. \quad (5.17)$$

Расчёт основных показателей усовершенствованной гидротаранной насосной установки

Выработка и нормативная загрузка гидротаранной насосной установки в течении года принимаются равными базовой насосной установки: $\Pi = 9540 \text{ м}^3$ и $T_H = 1855$ часов.

Фактическая годовая загрузка гидротаранной насосной установки определяется по формуле:

$$T_\phi = \frac{\Pi}{Q \cdot \eta_{см}} = \frac{9540}{6,84 \cdot 0,94} = 1484 \text{ час}, \quad (5.18)$$

где: $Q = 6,84 \text{ м}^3/\text{ч}$ - подача гидротаранной насосной установки;
 $\Pi_{см}$ – коэффициент использования рабочего времени смены определяется по формуле (5.4):

$$\eta_{см} = \frac{T_ч}{T_ч + T_{то}}$$

где: $T_ч = \frac{q_{сут}}{Q} = \frac{36}{6,84} = 5,26$ час – чистое время работы насосной установки;

$T_{\text{то}}=0,33$ часа – время на техобслуживание (по хронометражным данным),

$$\eta_{\text{см}} = \frac{5,26}{5,26 + 0,33} = 0,94$$

Балансовая стоимость гидротаранной насосной установки определяется по формуле:

$$Ц_{\text{б}} = Ц_{\text{рн}} \cdot K, \text{ тенге}$$

где: $K = 1,1$ – коэффициент увеличения цены с учетом транспортных расходов;

$$Ц_{\text{рн}} = \frac{Ц_{\text{на}}}{G_{\text{б}}} \cdot G_{\text{н}} \cdot K_{\text{сл}} + Ц_{\text{рук}}, \text{ тенге},$$

где: $Ц_{\text{рн}}$ - рыночная стоимость гидротаранной насосной установки, тенге;

$Ц_{\text{на}}$ - стоимость рыночная базовой насосной установки, тенге;

$G_{\text{б}} = 35$ кг - масса базовой насосной установки без нагнетательного рукава;

$G_{\text{н}} = 105$ кг - масса гидротаранной насосной установки без нагнетательного рукава;

$K_{\text{сл}}$ – коэффициент сложности конструкции гидротаранной насосной установки по сравнению с базовой ($K_{\text{сл}}=0,4$);

$Ц_{\text{рук}}$ - стоимость водоподъемного рукава диаметром 32 мм ($Ц_{\text{рук}} = 350 \text{Т/м} \cdot 30 \text{ м} = 10500 \text{тенге}$).

Определяем стоимость гидротаранной насосной установки по формуле:

$$Ц_{\text{рн}} = \frac{39533}{35} \cdot 105 \cdot 0,4 + 10500 = 57\,940 \text{ тенге};$$

$$Ц_{\text{б}} = 57940 \cdot 1,1 = 63734 \text{ тенге}.$$

Отчисления на реновацию определяются по формуле

$$C_{\text{а}} = \frac{Ц_{\text{б}} \cdot A}{\Pi} = \frac{63734 \cdot 0,166}{9540} = 1,11 \text{ тенге/м}^3.$$

Затраты на ремонт и техобслуживание гидротаранной насосной установки определяем по формуле (5.9):

$$C_{\text{р}} = \frac{Ц_{\text{б}} \cdot R \cdot \frac{T_{\text{ф}}}{T_{\text{н}}}}{\Pi} = \frac{63734 \cdot 0,07 \cdot \frac{1484}{1855}}{9540} = 0,37 \text{ тенге/м}^3.$$

где R - норма затрат на ремонт и техобслуживание ($R=7\%$ от балансовой

цены насосной установки).

Затраты на зарплату гидротаранной насосной установки определяем по формуле (5.10):

$$C_3 = \frac{3 \cdot T_{\phi} \cdot Л}{\Pi} = \frac{291,67 \cdot 1484 \cdot 0,125}{9540} = 5,67 \text{ тенге/м}^3$$

где: Л – количество обслуживающего персонала, чел. (т.к. по ТЗ не требуется постоянного присутствия обслуживающего персонала, принимаем временное присутствие в объеме 12,55% сменного времени, т.е. 0,125 чел.).

Удельные эксплуатационные затраты гидротаранной насосной установки определяются по формуле (5.14):

$$З_y = C_a + C_p + C_3 = 1,11 + 0,37 + 5,67 = 7,15 \text{ тенге/м}^3.$$

Удельные капиталовложения рассчитываются по формуле (5.15):

$$K_y = \frac{Ц_6}{\Pi} = \frac{63734}{9540} = 6,68 \text{ тенге/м}^3.$$

Удельные трудозатраты определяем по формуле (5.16)

$$T_y = \frac{Л \cdot T_{\phi}}{\Pi} = \frac{0,125 \cdot 1484}{9540} = 0,019 \text{ чел} \cdot \text{ час/м}^3.$$

Показатели экономической эффективности гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ

Годовой экономический эффект от использования гидротаранной насосной установки по сравнению с базовой насосной установкой определяется по формуле:

$$Э_{Г} = (З_{y.баз} - З_{y.нов}) \cdot \Pi = (63,85 - 7,15) \cdot 9540 = 540918 \text{ тенге} \quad (5.19)$$

Потребное количество прогнозируем с учетом количества крестьянских и фермерских хозяйств, расположенных в зонах водотоков по формуле:

$$i = \frac{Z \cdot K}{i_t} = \frac{170000 \cdot 0,30}{5} = 10\,200 \text{ шт.} \quad (5.20)$$

где: i – количество крестьянских и фермерских хозяйств, расположенных в зоне водотоков в РК $i=17000$, шт.;

K - коэффициент обводнения пастбищ в зонах водотоков, $K = 0,30$;

i_t - количество типоразмеров, разрабатываемых и существующих насосных установок для подъема воды из водотоков, $i_t = 5$ шт.

Суммарный экономический эффект от использования гидротаранных

насосных установок может составить по Республике Казахстан:

$$\Xi = 540918 \cdot 10200 = 5\,517\,363\,600 \text{ тенге.}$$

Определение во сколько раз возможно снижение эксплуатационных затрат по гидротаранной насосной установке:

$$\frac{Z_{y.баз}}{Z_{y.нов}} = \frac{63,85}{7,15} = 8,92 \text{ раз} \quad (5.21)$$

Срок окупаемости предлагаемой насосной установки будет равен:

$$T_{ок} = \frac{K_H}{C_б} = \frac{K_H}{C_H + \Xi_r} = \frac{63734}{68211 + 540918} = 0,10 \text{ года} \quad (5.22)$$

где: K_H – капиталовложения предлагаемой насосной установки:

$$K_H = C_{б,нов} = 63734 \text{ тенге}$$

$C_б, C_H$ – годовые эксплуатационные издержки базовой и предлагаемой насосных установок:

$$C_б = Z_{y.баз} \cdot П = 63,85 \cdot 9540 = 609129 \text{ тенге} \quad (5.23)$$

$$C_H = Z_{y.нов} \cdot П = 7,15 \cdot 9540 = 68211 \text{ тенге} \quad (5.24)$$

Расчетные показатели по технико-экономическому обоснованию эффективности гидротаранной насосной установки приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Техничко-экономические показатели эффективности гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Ед. измерения	Значение показателей	
				по технологии базовой насосной установки АН-2К-9-М1	по технологии гидротаранной насосной установки
1	2	3	4	5	6
1.	Подача	Q	м ³ /ч	7	6,84
2.	Суточное водопотребление	q _{сут}	м ³	36	36
3.	Годовая выработка	П	м ³	9540	9540
4.	Годовая загрузка	T _ф	ч	1490	1484
5.	Потребляемая мощность	N _н	кВт	1,1	0,65

6.	Количество обслуживающего персонала	Л	чел	1	0,125
7.	Балансовая стоимость насосной новки	Ц _б	тенге	59986	63734
8.	Отчисление на реновацию	С _а	тенге/м ³	1,04	1,11
9.	Затраты на ремонт и техобслуживания	С _р	тенге/м ³	0,35	0,37
10.	Затраты на топливо – смазочные материалы	С _т	тенге/м ³	14,13	-
11.	Затраты на зарплату	С _з	тенге/м ³	22,8	5,67
12.	Удельные экспл. затраты	З _у	тенге/м ³	38,32	7,15
13.	Удельные капвложения	Ку	тенге/м ³	6,29	6,68
14.	Годовые эксплуатационные издержки базовой и новой насосных установок	С _б	тенге	356573	41213
		С _н	тенге		
15.	Снижение эксплуатационных затрат	$\frac{З_{у.баз}}{З_{у.нов}}$	раз	-	8,93
16.	Срок окупаемости	T _{ок}	год	-	0,10
17.	Годовой эффект	Э _г	тенге	-	540918
18.	Экономический эффект от разработки по РК	Э	млн. тенге	-	5 517

Из таблицы 5.2 следует, что предлагаемая конструкция гидротаранной насосной установки по сравнению с базовым АН - 2К - 9 – М1 снижает эксплуатационные затраты в 8,93 раз, за счет годовой эффект от его внедрения может составить 540918 тенге, при сроке окупаемости – 0,10 лет и общем экономическом эффекте – до 5 517 млн. тенге.

5.3 Расчёт основных показателей базового насосного агрегата и новой гидротаранной насосной установки для орошения земель

Исходные данные для определения экономической эффективности гидротаранной насосной установки для орошения земель.

Исходные данные для расчёта экономической эффективности гидротаранной насосной установки для орошения земель внесены в таблицу 5.3, где указаны основные источники принятых и расчетных по базовому насосному агрегату АНС-60Д, а также предлагаемой конструкции гидротаранной насосной установки (типоразмер 1).

Таблица 5.3-Исходные данные для расчета экономической эффективности гидротаранной насосной установки для орошения земель (типоразмер 1)

	Обоз-	Ед.изм.	Новая машина	Базовая машина
--	-------	---------	--------------	----------------

Показатели	начения	изм.	ГНУ		Насосный агрегат АНС-60 Д	
			Величина	Источник	Величина	Источник
1	2	3	4	5	6	7
Тип насосной установки			Гидротаранный		Центробежный	
Пдача	Q _{ну}	м ³ /ч	17,7	расчет	20	паспорт
Напор (высота водоподъема)	H _{ну}	м	20	расчет	21	расчет
Количество обл. персонала	Л.	чел.	0,125	расчет	1	паспорт
Потребляемая мощность	N _{ну}	кВт	2,84	расчет	3,7	паспорт
Приводной двигатель	марка		от кинетической энергии		УД-2 мощностью 5,9 кВт (8л.с)	
Годовая загрузка	T _д	день	265	исходные	265	расчет
Суточное водопотребление	q _{сут}	м ³	140	исходные	140	расчет
Головая выработка	П	м ³	37100	расчет	37100	расчет
Годовая загрузка	T _ф	час	2183	расчет	20380	расчет
Норма отчисления на реновацию	A	%	16,6	норматив	16,6	норматив
Нормы отчисления на ремонт и техобслуживание	R	%	7,0	норматив	7,0	норматив

Расчет основных показателей базового насосного агрегата АНС-60Д для орошения земель.

Годовая выработка базовой насосной установки для орошения определяется по формуле (5.1):

$$П = q_{сут} \cdot T_{д} = 140 \cdot 265 = 37100 \text{ м}^3$$

где: $q_{сут} = 140 \text{ м}^3$ – максимальное суточное водопотребление по исходным параметрам ГНУ для орошения земель (типоразмер 1);

$T_{д} = 265$ дней – максимальная загрузка за сезон использования, принята по исходным требованиям ГНУ для орошения земель.

Годовая загрузка базовой насосной установки для орошения рассчитывается по формуле:

$$\text{-фактическая по формуле } T_{ф} = \frac{П}{Q_{н} \cdot \eta_{см}} = \frac{37100}{20 \cdot 0,9} = 2038 \text{ часов} \quad (5.2)$$

$$\text{- нормативная по формуле } T_{н} = t_{см} \cdot T_{д} = 7,0 \cdot 265 = 1855 \text{ час,} \quad (5.3)$$

где: $\eta_{см}$ – коэффициент использования времени смены по формуле (5.4):

$$\eta_{\text{см}} = \frac{T_{\text{ч}}}{T_{\text{ч}} + T_{\text{то}}} = \frac{7}{7 + 0,66} = 0,91$$

где: $T_{\text{ч}}$ – чистое время работы насосного агрегата за смену, которое определяется по формуле (5.5), час:

$$T_{\text{ч}} = \frac{q_{\text{сут}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{140}{20} = 7 \text{ часов}$$

где: $T_{\text{то}}=0,66$ часа – время на техобслуживание (по хронометражным данным).

Балансовая стоимость насосного агрегата для орошения определяется по формуле (5.6):

$$Ц_{\text{б}} = Ц_{\text{рб}} \cdot K = 327000 \cdot 1,1 = 359700 \text{ тенге,}$$

где: $Ц_{\text{рб}}$ – рыночная стоимость насосного агрегата, определяемая по формуле (5.7), тенге:

$$Ц_{\text{рб}} = Ц_{\text{на}} + Ц_{\text{рук}} = 285000 + 42000 = 327000 \text{ тенге,}$$

где: $Ц_{\text{на}}=285000$ тенге – рыночная стоимость насосного агрегата АНС-60Д;

$Ц_{\text{рук}} = 42000$ тенге - стоимость водоподъемного рукава диаметром 50 мм ($350 \text{ ТГ/М} \cdot 120 \text{ М} = 42000 \text{ ТГ}$);

$K=1,1$ - коэффициент увеличения стоимости с учетом транспортных расходов.

Отчисления на реновацию определяются по формуле (5.8):

$$C_{\text{а}} = \frac{Ц_{\text{б}} \cdot A}{\Pi} = \frac{359700 \cdot 0,166}{37100} = 1,61 \text{ тенге/м}^3,$$

Затраты на ремонт и техобслуживание рассчитываются по формуле (5.9):

$$C_{\text{р}} = \frac{Ц_{\text{б}} \cdot R \cdot \frac{T_{\text{ф}}}{T_{\text{н}}}}{\Pi} = \frac{359700 \cdot 0,07 \cdot \frac{2038}{1855}}{37100} = 0,75 \text{ тенге/м}^3,$$

Затраты на зарплату определяем по формуле (5.10):

$$C_{\text{з}} = \frac{3 \cdot T_{\text{ф}} \cdot Л}{\Pi} = \frac{291,67 \cdot 2038 \cdot 1}{37100} = 16,02 \text{ тенге/м}^3,$$

где: Z – часовая заработная плата обслуживающего персонала, определенная по формуле (5.11):

$$Z = \frac{Z_{\min}}{T_M} = \frac{70000}{240} = 291,67 \text{ тенге/час}$$

где: $Z_{\min} = 19966$ тенге – минимальная установленная заработная плата Законом РК («О республиканском бюджете на 2023 годы»).

$T_M = 240$ час – нормативная месячная загрузка.

Затраты на топливо – смазочные материалы рассчитываются по формуле (5.12):

$$C_T = \frac{C_T \cdot G_T \cdot T_\Phi}{\Pi} = \frac{190 \cdot 2,0 \cdot 2038}{37100} = 20,87 \text{ тенге/м}^3,$$

где: C_T – комплексная цена 1 кг бензина А-92:

$$C_T = C_p \cdot K_{\text{см}} = 182 \cdot 1,044 = 190 \text{ тенге}, \quad (5.13)$$

где: $C_p = 182$ тенге – цена рыночная 1 кг бензина марки А-92 (на 12.2021год);

$K_{\text{см}} = 1,044$ – коэффициент удорожания топлива за счет использования смазочных материалов (для карбюраторных двигателей – 4,4%);

$G_T = 2,0$ кг - часовой расход топлива для двигателя УД-2 насосного агрегата АНС-60Д при потребляемой мощности 3,7 кВт (по опытным данным);

$T_\Phi = 2038$ часов – годовая фактическая загрузка.

Удельные эксплуатационные затраты базовой насосной установки для орошения определяем по формуле (5.14):

$$Z_y = C_a + C_p + C_z + C_T = 1,61 + 0,75 + 16,02 + 20,87 = 39,25 \text{ тенге/м}^3.$$

Удельная капвложения рассчитаем по формуле (5.15):

$$K_y = \frac{C_b}{\Pi} = \frac{359700}{37100} = 9,69 \text{ тенге/м}^3,$$

Удельные трудозатраты рассчитываем по формуле (5.16):

$$T_y = \frac{L \cdot T_\Phi}{\Pi} = \frac{1 \cdot 2038}{37100} = 0,055 \text{ чел} \cdot \text{ час/м}^3$$

Удельные затраты энергии определяем по формуле (5.17):

$$N_y = \frac{N_H \cdot T_\Phi}{\Pi} = \frac{3,7 \cdot 2038}{37100} = 0,203 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}.$$

Расчёт основных показателей усовершенствованной гидротаранной насосной установки для орошения земель

Годовая выработка и нормативная годовая загрузок принимаются равными базовому насосу агрегату АНС-60Д и равным: $\Pi=37100$ м³ поднятой воды, т.е. $T_H=1855$ часов.

Годовая загрузка фактическая определяется по формуле (5.2):

$$T_{\phi} = \frac{\Pi}{Q \cdot \eta_{см}} = \frac{37100}{17,7 \cdot 0,96} = 2183 \text{ часа}$$

где: $Q = 17,7$ м³/час - подача гидротаранной насосной установки (типоразмер 1);

$\Pi_{см}$ - коэффициент использования рабочего времени смены по формуле (5.4):

$$\eta_{см} = \frac{T_{ч}}{T_{ч} + T_{то}}$$

где: $T_{ч} = \frac{q_{сут}}{Q} = \frac{140}{17,7} = 7,91$ часов - чистое время работы насосной установки;

$T_{то}=0,33$ часаса - время на техобслуживание (по хронометражным данным),

$$\eta_{см} = \frac{7,91}{7,91 + 0,33} = 0,96$$

Балансовая стоимость гидротаранной насосной установки для орошения определяется по формуле (5.6):

$$\Pi_{б} = \Pi_{рн} \cdot K, \text{ тенге}$$

где: $K = 1,1$ - коэффициент увеличения стоимости с учетом транспортных расходов;

$\Pi_{рн}$ - рыночная стоимость гидротаранной насосной установки для орошения земель (типоразмер 1) определяется по формуле (5.18):

$$\Pi_{рн} = \frac{\Pi_{на}}{G_{б}} \cdot G_{н} \cdot K_{сл} + \Pi_{рук}, \text{ тенге ,}$$

$\Pi_{на}$ -стоимость рыночная базового насосного агрегата АНС-60Д, тенге;

$G_{б} = 200$ кг - масса базового насосного агрегата АНС-60Д без водоподъёмного рукава;

$G_{н} = 220$ кг - масса гидротаранной насосной установки без водоподъёмного рукава (типоразмер 1);

$K_{сл}$ – коэффициент сложности конструкции гидротаранной насосной установки по сравнению с базовым насосным агрегатом АНС-60Д ($K_{сл}=0,4$);

$C_{рук}$ – рыночная цена нагнетательного рукава диаметром 50 мм ($C_{рук}=350Т/м \cdot 120 м=42000$ тенге).

Вычисляем рыночную стоимость гидротаранной насосной установки по формуле (5.18):

$$C_{рн} = \frac{327000}{200} \cdot 220 \cdot 0,4 + 42000 = 185\,880 \text{ тенге};$$

$$C_{б} = 185880 \cdot 1,1 = 204468 \text{ тенге.}$$

Отчисления на реновацию определяем по формуле (5.8):

$$C_a = \frac{C_b \cdot A}{\Pi} = \frac{204468 \cdot 0,166}{37100} = 0,91 \text{ тенге/м}^3.$$

Затраты на ремонт и техобслуживание рассчитываем по формуле (5.9):

$$C_p = \frac{C_b \cdot R \cdot \frac{T_{\phi}}{T_n}}{\Pi} = \frac{204468 \cdot 0,07 \cdot \frac{2183}{1855}}{37100} = 0,45 \text{ тенге/м}^3$$

Затраты на зарплату рассчитываются по формуле (5.10):

$$C_3 = \frac{3 \cdot T_{\phi} \cdot Л}{\Pi} = \frac{291,67 \cdot 2183 \cdot 0,125}{37100} = 2,14 \frac{\text{тенге}}{\text{м}^3}.$$

где: $Л$ – количество обслуживающего персонала, чел (т.к. по ТЗ не требуется постоянного присутствия обслуживающего персонала, принимаем временное присутствие в объеме 12,5% сменного времени, т.е. 0,125 чел).

Удельные эксплуатационные затраты определяем по формуле (5.14):

$$Z_y = C_a + C_p + C_3 = 0,91 + 0,45 + 2,14 = 3,5 \text{ тенге/м}^3.$$

Удельные капитальные вложения рассчитываются по формуле (5.15):

$$K_y = \frac{C_b}{\Pi} = \frac{204468}{37100} = 5,51 \text{ тенге/м}^3.$$

Удельные трудозатраты определяются по формуле (5.16):

$$T_y = \frac{Л \cdot T_{\phi}}{\Pi} = \frac{0,125 \cdot 2183}{37100} = 0,0074 \text{ чел} \cdot \text{ час/м}^3.$$

Показатели экономической эффективности гидротаранной насосной

установки для орошения земель.

Годовой экономический эффект от использования гидротаранной насосной установки для орошения земель (типоразмер 1) по сравнению с базовым насосным агрегатом АНС-60Д, определяем по формуле (5.19):

$$\mathcal{E}_Г = (Z_{у.баз} - Z_{у.нов}) \cdot П = (39,21 - 3,5) \cdot 37100 = 1324841 \text{ тенге,}$$

Потребное количество гидротаранных насосных установок (типоразмера 1) для орошения земель прогнозируем с учетом количества крестьянских и фермерских хозяйств, расположенных в зонах водотоков по формуле (5.20):

$$i = \frac{Z \cdot K}{i_t} = \frac{170000 \cdot 0,30}{5} = 10\ 200 \text{ шт.}$$

где: i – количество крестьянских и фермерских хозяйств, расположенных в зоне водотоков в РК ($i=17000$), шт.;

K - коэффициент орошения земель в зонах водотоков, $K = 0,30$;

i_t - количество типоразмеров разрабатываемых и существующих насосных установок для подъема воды из водотоков, $i_t = 5$ шт.

Экономический эффект от потребного количество новых гидротаранных насосных установок (типоразмер 1) для орошения земель может составить по Республике Казахстан:

$$\mathcal{E} = 1\ 324\ 841 \cdot 10\ 200 = 1\ 351\ 337\ 8200 \text{ тенге}$$

Снижение эксплуатационных затрат определяются по формуле (5.21):

$$\frac{Z_{у.баз}}{Z_{у.нов}} = \frac{39,21}{3,5} = 11,2 \text{ раз,}$$

Срок окупаемости новой насосной установки рассчитаем по формуле (5.22):

$$T_{ок} = \frac{K_H}{C_б} = \frac{K_H}{C_H + \mathcal{E}_Г} = \frac{204468}{129850 + 1\ 324\ 841} = 0,14 \text{ года}$$

где: K_H – капитальные вложения в предлагаемую насосную установку;

$$K_H = Ц_{б.нов} = 204468 \text{ тенге;}$$

$C_б$, C_H - годовые эксплуатационные издержки базовой и предлагаемой насосных установок, определяемых по формуле (5.23) и (5.24):

$$C_{\text{б}} = Z_{\text{у.баз}} \cdot \Pi = 39,21 \cdot 37100 = 1\,454\,691 \text{ тенге};$$

$$C_{\text{н}} = Z_{\text{у.нов}} \cdot \Pi = 3,5 \cdot 37100 = 129850 \text{ тенге};$$

Расчетные показатели по технико-экономическому обоснованию эффективности гидротаранной насосной установки для орошения земель приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4-Технико-экономические показатели эффективности гидротаранной насосной установки для орошения земель (типоразмер 1)

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Ед. измерения	Значение показателей	
				базовый насосный агрегат АНС-60Д	гидротаранная насосная установка
1	2	3	4	5	6
1.	Подача	Q	м ³ /час	20	17,7
2.	Суточное водопотребление	q _{сут}	м ³	140	140
3.	Годовая выработка	Π	м ³	37100	37100
4.	Годовая загрузка	T _ф	ч	2038	2183
5.	Потребляемая мощность	N _н	кВт	3,7	2,8
6.	Количество обслуживающего персонала	Л	чел	1	0,125
7.	Балансовая стоимость насосной установки	Ц _б	тенге	359 700	204 468

Продолжение таблицы 5.4

8.	Отчисления на реновацию	C _а	тенге/ м ³	1,61	0,91
9.	Отчисления на ремонт и техобслуживания	C _р	тенге/ м ³	0,75	0,45
10.	Затраты на топливо - смазочные материалы	C _т	тенге/ м ³	20,87	-
11.	Отчисления на зарплату	C _з	тенге/ м ³	16,02	2,14
12.	Удельные экспл. Затраты	Z _у	тенге/ м ³	39,21	3,5
13.	Удельные капвложения	K _у	тенге/ м ³	9,69	5,51
14.	Годовые эксплуатационные издержки базовой и предлагаемой насосных установок	C _б C _н	тенге	1 454 691	129850
15.	Снижение эксплуатационных затрат	$\frac{Z_{\text{у.баз}}}{Z_{\text{у.нов}}}$	раз	-	11,2
16.	Срок окупаемости	T _{ок}	год	-	0,14
17.	Годовой экономический эффект	Э _г	тенге	-	1 324841
18.	Экономический эффект от разработки	Э	млн. тенге	-	13 513

Из таблицы 5.4 следует, что предлагаемая конструкция ГНУ по сравнению с базовой насосной установкой АН - 2К - 9 - М1 снижает эксплуатационные затраты в 11,2 раз, годовой эффект от применения составляет 1 324841 тенге, срок окупаемости -0,14 года, общий эффект по Казахстану составит до 13 513 378 000 тенге.

Выводы по разделу 5

1. Выполненные расчёты по обоснованию экономической эффективности выполненных исследований показали, что применение необходимых типоразмеров усовершенствованной гидротаранной насосной установки для орошения земель и водоснабжение крестьянских и фермерских хозяйств Казахстана, расположенных в зонах, прилегающих к водотокам, по сравнению с базовыми насосными агрегатами АН – 2К – 9 М1 и АНС-60Д снижают эксплуатационные затраты в 8,93 и 11,2 раз соответственно, за счет чего годовой эффект от ее применения может составить 540918 тенге и 1 324841 тенге на одну установку при сроке окупаемости не более года. Прогнозируемая эффективность разработки по РК может составить до 5,5 и 13,5 млрд. тенге.

2. Использование усовершенствованной гидротаранной насосной установки позволит решить поставленную задачу по повышению эффективности орошения земель и водоснабжения крестьянских и фермерских хозяйств за счет энергосберегающей и экологически чистой технологии водоподъема из водотоков, дающих значительный эффект потребителю и не ухудшающих состояние окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Повышение эффективности водоснабжения сельских потребителей АПК в рыночных условиях может быть достигнуто правильным выбором и применением водоподъемного оборудования нового поколения, в том числе насосных установок с приводом от кинетической энергии движущегося потока воды в водотоках.

2. Проведённые патентные исследования и анализ существующих насосных установок с использованием кинетической энергии движущейся воды показали, что они были разработаны по четырём конструктивным типам: водоструйный, гидроэлеваторный, гидротаранный и сифонный, а также по двум разрабатываемым конструкциям: роторно-пластинчатый и гидротурбинный, из которых был принят для исследований наиболее прогрессивные тип насосной установки гидротаранный.

3. Усовершенствованная конструктивно – технологическая схема гидротаранной насосной установки по сравнению с аналогами обладает новыми признаками технической новизны, позволяющие повысить подачу, создаваемый напор и КПД насосной установки.

4. Выполненные аналитические зависимости технологического процесса гидротаранного способа водоподъема из водотоков является основой для обоснования и расчета параметров при разработке необходимого типоразмера насосной установки данного типа.

5. Использование эффекта гидравлического удара в технологическом процессе водоподъема усовершенствованной гидротаранной насосной установки позволит значительно увеличить напор $H_{\text{ну}}$ насосной установки, подтверждая необходимость его применения.

Предложенный метод теоретического анализа основных зависимостей: напора $H_{\text{ну}}$, подачи $Q_{\text{ну}}$ и КПД $\eta_{\text{ну}}$ усовершенствованной гидротаранной насосной установки определил пути ее дальнейшего совершенствования, направленные на оптимизацию параметров ударного устройства.

7. Обоснованы исходные, технологические и технические параметры и необходимые типоразмеры предлагаемой усовершенствованной гидротаранной насосной установки для орошения земель и обводнения пастбищ, которые позволили разработать образцы для проведения экспериментальных исследований, лабораторных и натурных испытаний, которые необходимы для подтверждения достоверности и уточнения основных формул по определению параметров гидротаранной насосной установки.

8. В результате проведённых экспериментальных исследований усовершенствованного экспериментального образца гидроструйной насосной установки, выбран оптимальный вариант гидроударного устройства, определены зависимости выходных параметров гидротаранной насосной установки: напора $H_{\text{ну}}$, подачи $Q_{\text{ну}}$, мощности $N_{\text{ну}}$ от общего расхода воды Q и коэффициента полезного действия $\eta_{\text{ну}}$ от подачи насосной установки $Q_{\text{ну}}$, на основании которых подтверждена достоверность теоретических формул с расхождением в 3-5%. При увеличении расхода воды на привод насосной установки от 5 до 41,4 дм³/с, имеем: напор увеличивается с 5 - 6,7 м до 31 - 32 м; подача - с 0,5 - 0,625 дм³/с до 4,14 - 5,19 дм³/с; потребляемая мощность - с 0,17 - 0,25 кВт до 1,39 - 2,06 кВт и КПД увеличивается с 0,132 - 0,146 до 0,778 - 0,871.

9. На основании экспериментальных исследований в гидроударном устройстве определены потери напора $h_{\text{гу}}$, коэффициенты трения $\zeta_{\text{гу}}$ которые составили при изменении расхода воды Q от 2,5 дм³/с до 20 дм³/с: для питающего трубопровода $h_{\text{ттр}} = 0,5 - 2,2$ м, $\zeta_{\text{ттр}} = 3,7 - 2$; для ударного клапана $h_{\text{укл}} = 0,6 - 4,8$ м, $\zeta_{\text{укл}} = 7,8 - 2$ и для нагнетательного клапана $h_{\text{нкл}} = 0,4 - 1,4$ м, $\zeta_{\text{нкл}} = 4,3 - 2$.

10. На основании сравнительных лабораторных испытаний усовершенствованного экспериментального образца гидротаранной насосной установки с аналогом установлено существенное преимущество по улучшению основных параметров: подача увеличивается при напоре $H_{\text{ну}} = 25$ м с 0,8 дм³/с до 2,8 дм³/с (в 3,5 раза), а при напоре $H_{\text{ну}} = 10$ м с 2,9 дм³/с до 5,2 дм³/с (в 1,8 раза); максимальный КПД $\eta_{\text{ну}}$ увеличивается с 0,41 до 0,78 (в 1,9 раза).

11. Проведённые натурные испытания экспериментального образца усовершенствованной гидротаранной насосной для орошения земель в зонах

водотоков показали положительные результаты: подача - 10,1-18,7 м³/ч, напор 10 - 25м, потребляемая мощность 0,44 - 2,8 кВт и КПД 0,45 - 0,64 при напоре водотока 3,42 - 5,08 м и общем расходе воды 0,013 - 0,057 м³/с.

12. Выполненные расчёты по обоснованию экономической эффективности выполненных исследований показали, что применение необходимых типоразмеров усовершенствованной гидротаранной насосной установки для орошения земель и водоснабжения крестьянских и фермерских хозяйств Казахстана, расположенных в зонах, прилегающих к водотокам. Новая насосная установка сравнению с базовыми насосными агрегатами АН-2К-9-М1 и АНС-60Д снижают эксплуатационные затраты в 8,93 и 11,2 раз соответственно, годовой эффект от ее использования может составить 540918 тенге и 1 324841 тенге на одну установку при сроке окупаемости не более года. Общий эффект от разработки по РК может составить до 5,5 и 13,5 млрд. тенге.

13. Использование усовершенствованной гидротаранной насосной установки позволит решить поставленную задачу по повышению эффективности орошения земель и водоснабжению крестьянских и фермерских хозяйств за счет энергосберегающей и экологически чистой технологии водоподъема из водотоков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Токаев К.К. Единство народа и системные реформы – прочная основа. 01 сентября 2021 г. // <https://www.akorda.kz>.

2 Обоснование и разработка энергосберегающей технологии и технических средств водоподъема с использованием для гидроэнергии водотоков: Отчет о НИР (заключительный)/ № госрегистрации 0112РК00178. Руководитель Е. Саркынов. – Алматы, 2014-159с.

3 Смоляр В.А., Буров Б.В., Махмутов Т.Т., Касымбеков Д.А. Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние) // Справочник – Алматы: НИЦ: «Ғылым», 2002. – 596 с).

4 Агрегат насосный АНС-60Д. – М.: Внешторгиздат, 1990.-3с.

5 Насосный агрегат АН-2К9-М1. – М.: Внешторгиздат, 1988.-3с.

6 Каплан Р.М., Яковлев А. А. Механизация водоснабжения на пастбищах.- Алма-Ата: Кайнар, 1986.-184 с.

7 Усаковский В .М. Водоснабжение и водоотведение в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 2002.-328с.

8 Яковлев А.А., Нестеров Е.В., Саркынов Е. Механизация водоснабжения сельхозформирований АПК в рыночных условиях // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана: Журнал №12. – Алматы, 2004.-С.61-62.

9 Юсупов Ж.Е., Яковлев А.А., Саркынов Е.С., Зулпыхаров Б.А., Аманов Н.А. Обоснование технологии подъема воды из водотоков с использованием усовершенствованного гидротаранного насосного устройства // Устойчивое развитие: региональные аспекты: Сборник материалов XI международной научно-практической конференции молодых ученых. Брест, 24-26 апреля 2019г.-С.292-295.

10 Zh.Yusupov, A. A. Yakovlev, E.S. Sarkynov, B.A.Zulpykharov Results of using the hydro-impakt method of water lifting from watercourses. ICECAE 2020. Conf.Series: Earth and Environmental Science 614 (2020) 012023 doi: 10.1088/1755-1315/614/1/012023 – 2020 - Vol.11- Sci.614012023.

11 Патент KZ №34027 Гидротаранная насосная установка // Есполов Т.И., Яковлев А.А., Саркынов Е.С., Зулпыхаров Б.А, Мирдадаев М.С., Каипов Р.Г, Калашников П.А.; опубл. 29.11.2019, Бюл. №48. - 6 с.

12 Саркынов Е. Обоснование параметров и разработка напорно-вакуумной насосной установки для крестьянских (фермерских) хозяйств с использованием энергии движущейся воды в водотоках // Диссертация на соиск. уч.ст.к.т.н: Алматы, 2006.-173с.

13 Тажибаев Л.Е. Основы водоснабжения и обводнение сельскохозяйственных районов Казахстана – Алма-Ата: Кайнар, 1969.-304с.

14 Кораблев А.Д. Экономия энергоресурсов в сельском хозяйстве.-М.: агропромиздат,1988.-208с.

15 Ерхов Н.С., Мисенев В.С., Ильин Н.Н., Сельскохозяйственных мелиорация водоснабжение. – М.: Колос, 1983.-351 с.

16 Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. – М.-Л.: Госиздательство технико-теорет. лит., 1949.-104 с.

17 Есполов Т.И., Яковлев А.А., Саркынов Е.С., Зулпыхаров Б.А., Кайпбаев Е.Т., Жакупова Ж.З, Ауелбек Е.К. Пневмокамерные, эрлифтные и насосные установки: Книга.-Алматы: Изд. «Айтумар», 2018.-313с.

18 ГОСТ Р 15.01-96 Порядок проведения патентных исследований – М.: Изд. стандартов, 1996.

19 РД 07-07-2.1-86 Методические указания. Порядок проведения патентных исследований в системе Госагропрома СССР. – М.: Госплан КазССР, 1988. – 3 с.

20 Луговский М.В., Кашеков Л.Я., Усаковский В.М., Белозеров Н.П., Лихоеденко П.К. и Хоружий П.Д. Средства механизации и основы расчета сельскохозяйственного водоснабжения.-М.:Машиностроение, 1969.-263с.

21 Подвидз Л.Г., Кирилловский Ю.Л., Кашеков Л.Я. Теоретические основы расчета струйных установок для глубокого водоподъема из скважин // Труды ВИЭСХ. Т.VI. - М.; 1960. -С.5-25.

22 Кашеков Л.Я., Лихоеденко П.К. Конструкции и расчет водоструйных

установок для подачи воды из шахтных и трубчатых колодцев. - М.: НПО «Машпром», 1964.

23 Подвидз Л.Г., Кирилловский Ю.Л., Кашеков Л.Я. Струйные установки для глубокого подъема воды из скважин // Труды ВИЭСХ. Т. VI. - М.; 1960. - С.65-99.

24 А.с.СССР 1576734. Водоподъемное устройство / ЦНИИКИВР, Альферович А.Н., Повалев М.К.; опубл.07.07.90, бюл.№25, - 2с: ил.

25 Хохлов А.В., Хохлов В.А. Саморегулирующиеся струйные насосы // Гидротехническое строительство: Журнал №4.-М.:2001. -С.25-27.

26 Патент 1ДР04411.UZ. Саморегулирующиеся струйный насос//Хозлов А.В., Маджитов У.Х. бюл. №4, 2000.- 2с: ил.

27 Искандарян А.А. исследование влияние различных факторов на работу гидравлического тарана ЕрПИ. -Ереван; ЕрПИ, 1965.

28 Мостков М.А. Движение при сохранении постоянного перепада энергии – гидравлический таран / Прикладная гидромеханика. - М.: Госэнергоиздат, 1963.-С.299-304.

29 Предпатент 9160 KZ. Гидравлический таран /КазНИИВХ, Калашников А.А., Кандрин Н.И., Жарков В.А., Шаромов С.А., Сатретдинов М.С.опубл. 15.06.2000,бюл.№ 6. – 4с: ил.

30 Калашников А.А., Кандрин Н.И., Калашников П.А., Павлик В.Е. Гидрав- лический таран. -Тараз: ЖЦНТИ, 2003. - 4с.

31 Мирдадаев М.С. Гидротаранный водоподъемник для фермерских хозяйств // Труды ДГП «НИИВХ» - Тараз, 2004. Том 41.

32 Иванов Е.Г., Культяпов С., Кадылкин А.В. Повышеней эффективности безмоторного водоподъемника роторно-пластинчатого типа // Энергообеспечение и энергоснабжение в сельском хозяйстве: Тр. 4-й Межд. научно-практ. конф.в 4-х частя. - М.:ГНУ ВИЭСХ, 2004.-Ч.3-С.388-393.

33 Иванов Е.Г., Культяпов С., Кадылкин А.В. Оценка эффективности безмоторных водоподъемников роторно-пластинчатого типа // Энергообеспечение и энергоснабжение в сельском хозяйстве: Тр. 4-й межд. научно-практ. конф. В 4-х частях. - М.:ГНУ ВИЭСХ, 2004.-Ч.3-С.394-399.

34 Портотивный свободнопоточный водоподъёмник (турболифт) // Технологии и оборудовании возобновляемый энергетике: каталог технологий и изделий, разработ. и производ. в сист. ГНУ ВИЭСХ, -М.: ГНУ ВИЭСХ, 2003.- С.25.

35 Патент РФ №13706//Кусокв А.И., бюл. изобр.2014.

36 Патент KZ № 29910. Напорно-вакуумная насосная установка/ Т.И.Есполов, А.А.Яковлев, Е.Саркынов, Б.А.Асанбеков /КазНАИУ. опубл. 15.05.2015г., бюл.№5.

37 Предпатент 17789 KZ. Гидротаранная насосная установка / Яковлев А.А., Саркынов Е. Опубл.15.09.2006, бюл.9.

38 Патент РК № 29911. Гидротаранная насосная установка / Есполов Т.И., А.А. Яковлев, Е.Саркынов, Б.А.Асанбеков, Б.А.Зулпыхаров, Г.Садибек; опубл.16.04.2015, Бюл.№ 5.

39 Яковлев А.А., Саркынов Е. Обоснование типа насосной установки с приводом от энергии движущейся воды в водотоках // Повышенной эффективности системы сельскохозяйственного водопользования: материалы респуб.науч.практ. конф. – Алматы: КазНАИУ, 2003.-С. 190-193.

40 Яковлев А.А., Саркынов Е. Использование эффекта гидроудара в насосной установке для подъема воды из водотоков // Вестник КазНТУ: Журнал №4.-Алматы, 2005.

41 Яковлев А.А., Саркынов Е., Погуляев А.Д., Асанбеков Б.А. Технология подъема воды с использованием гидротурбинной насосной установки с приводом от энергии движущейся воды в водотоках для водоснабжения сельскохозяйственных и других потребителей АПК // Сборник материалов межд. научно-практ. конф. на тему: «Повышенной конкурентоспособности сельскохозяйственного производства Казахстана: проблемы, пути решения». – Алматы: КазНАИУ, 2007.- С.212-213.

42 Яковлев А.А., Саркынов Е., Асанбеков Б.А., Биримкулова Б.А. Исследование гидроударного способа водоподъема из водотоков // Исследование, результаты: Журнал №2 (050). – Алматы: КазНАИУ, 2011.- С.146-149.

43 Яковлев А.А., Саркынов Е., Погуляев А.Д., Асанбеков Б.А. Теоретические исследования гидротурбинного способа водоподъема из водотоков // Сборник научных трудов: материалы межд. научн-практ. конф. Часть 2. – Алматы: КазНАИУ, 2008.- С.279-284.

44 Яковлев А.А., Саркынов Е. Теоретические исследования напорно-вакуумного способа водоподъема из водотоков // Агроинженерная наука – повышению эффективности АПК: материалы межд. научно-практ. конф.: в 2-х книгах.-Алматы: Агроуниверситет, 2003.-Кн.2.-С.181-185.

45 Яковлев А.А., Саркынов Е. Обоснование параметров напорно-вакуумной насосной установки для подъема воды из водотоков // Вестник сельхоз.науки Казахстана: Журнал №9.-Алматы: ТОО Издательство «Бастау», 2005-С.61-62.

46 Яковлев А.А., Саркынов Е.С., Асанбеков Б.А., Кожамкулов Д.А., Садибек Г.С. Результаты исследования энергосберегающей технологии водоподъема с использованием гидроэнергии водотоков // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 9-й Международной научно-технической конференции (21-22 мая 2014 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Часть 4. Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы. Экология. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014.-С. 296-302.

47 Яковлев А.А., Саркынов Е. Пути совершенствования напорно - вакуумной насосной установки с приводом от энергии движущейся воды в водотоках //Состояние, проблемы и перспектива развития механизации сельского хозяйства и машиностроения для АПК: материалы межд. практ. конф. В 2-х книгах Алматы: ТОО «Инжу маржан» полиграфия фирмасы, 2004.- Кн.1.- С.253-256.

48 Яковлев А.А., Саркынов Е. Напорно-вакуумная насосная установка

для подъема воды из водотоков // Проблема эффективного использования в отраслях агропромышленного комплекса. - Ташкент, 2003.-С. 140-141.

49 Яковлев А.А., Саркынов Е. К обоснованию параметров напорно-вакуумной насосной установки для воды из водотока // Вестник сельхоз.науки Казахстана: Журнал № 9. -Алматы: ТОО Издательство «Бастау», 2005-С.61- 62.

50 Яковлев А.А., Саркынов Е. Перспектива механизации водоснабжения фермерских (крестьянских) хозяйств в зонах прилегающих рек и каналов // Исследования, результаты: Журнал № 2. - Алматы: КазНАИУ, 2003.-С. 109-110.

51 Саркынов Е, Яковлев А.А. Механизация водоснабжения сельхозформированной Республики Казахстан с использованием напорно-вакуумных насосных установок // Доклады и тез. докл. межд. научно-практ. конф. по эколог. пробл. агропром. компл. в 2-х книгах. - Алматы. - 2004.- Кн.2 С.152-153.

52 Яковлев А.А., Саркынов Е., Асанбеков Б.А., Кожамкулов Д.Ж., Жакупова Ж.З., Садибек Г., Баймагамбетова М. Перспективы обводнение пастбищ в Казахстане с использованием альтернативных насосных установок с приводом от гидроэнергии водотоков // Материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 2013г.С.96-101.

53 Кожамкулов Д.А., Саркынов Е.С., Яковлев А.А., Результаты теоретических и экспериментальных исследований эффекта гидроудара в напорно-вакуумной насосной установке // Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан: Серия аграрных наук. 2(38).- Алматы, НАН РК, 2017, - С.132-139.

54 Кожамкулов Д.А., Саркынов Е.С., Яковлев А.А. Разработка теоретических основ по технологическому процессу напорно-вакуумного способа водоподъема из водотоков // Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан: Серия аграрных наук. 3(38).- Алматы, НАН РК, 2017, - С.132-139.

55 Яковлев А.А., Саркынов Е. Техничко-экономические показатели напорно-вакуумной насосной установки с приводом от энергии движущейся воды в водотоках // Вестник КазНТУ: Журнал № 1.- Алматы, 2005, - С.690-74.

56 Патент KZ №29674 Гидротурбинная насосная установка Гидротурбинная насосная установка//Т.И.Есполов, А.А.Яковлев, Е.Саркынов, Б.А.Асанбеков, Р.С.Малау, М.О.Баймаганбетова/ КазНАИУ.Опубл.16.03.2015г., бюл.№3.

57 Патент KZ №34028 Гидротурбинная насосная установка //Т.И.Есполов, А.А.Яковлев, Е.Саркынов, Е.Д.Жапаркулова, Б.А.Зулпыхаров, Е.Т.Каипбаев, А.Е.Алдиярова, Ж.З.Жакупова /КазНАИУ. Опубл. 29.11.2019г., бюл.№48

58 A.A. Nietaliev, T.I. Espolov, A.A. Yakovlev, E.S. Sarkynov, Zh.Z. Zhakupova. WATER LIFTING FROM WELLS USING SUBMERSIBLE ELECTRIC ELECTRIC PUMP AND SUCTION DEVICES // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). - May 2019. - Vol.8, Issue-1. - ISSN: 2277-3878.

59 Евразийский патент № 003722. Гидравлический таран, кл. F04F 7/02/Рогозин Г.В., 2003, 3с.

60 Юсупов Ж.Е., Яковлев А.А., Саркынов Е.С., Зулпыхаров Б. А. Гидротаранные насосные установки для подъема воды из водотоков, разработанные в КазНАИУ, и результаты их сравнительных испытаний

61 Юсупов Ж.Е., Яковлев А.А., Саркынов Е.С., Зулпыхаров Б. А. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОУДАРНОГО СПОСОБА ВОДОПОДЪЁМА ИЗ ВОДОТОКОВ. г.Ташкент. ICESAE 2020. Conf.Series: Earth and Environmental Science 614 (2020)012023 doi: 10.1088/1755-1315/614/1/012023 – 2020 - Vol.11- Sci.614012023.

62 Zh. E. Yussupov, A. A. Yakovlev , E. S. Sarkynov, B. A. Zulpykharov, Aida Nietalieva. Results of the study of the hydraulic ram technology of water lifting from watercourses. International Journal of Engineering Science. Том 177, 1 июля 2022 года, Великобритания, 103713

64 ГОСТР15-201-2000. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.- М.: изд.стандартов,-2000.

65 Мельников С.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов // 2-е изд., перераб. и доп.- Л.: Колос. Ленингр. отде, 1980.-С.168.

66 Веденин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных. - М.: Колос, 1967.

67 Заволишин Ф.С., Манцев М.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. - М.:Колос, 1982. - 231 с.

68 РТМ. 44-62. Методика статистической обработки эмпирических данных. - М.: Стандартов, 1966. - 100 с.

69 Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. – М.: Наука, 1965.- С.511.

70 Статистические методы обработки эмпирических данных. Рекомендация. - М.: Изд-во станартов, 1978. - 232 с.

71 ГОСТ 24026-80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. – М.: Стандарт, 1980. – 18 с.

72 Белов А. И. Математико-экономические расчеты в сельском хозяйстве. - Алма-Ата: Наука, 1965. – 202.

73 ГОСТ 23728-80, ГОСТ 23730-88. Техничко-сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. -М.: Издательство стандартов, 1988.-12с.

74 Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений, - М.: Колесо, 1980.-112с.

75 Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. - М.: Издательство МСХ РФ, 1998.

76 Нормы амортизационных отчислений на тракторы, транспортные средства, мелиоративные и землеройные машины и оборудование, используемые в сельском, водном и лесном хозяйствах. - М.: Госплан СССР, 1982.-22с.

77 Юсупов Ж.Е., Яковлев А.А., Саркынов Е.С.Технико-экономическое обоснование выполненной разработки по гидротаранной насосной установке Научный журнал «Исследования, результаты» №2 (82), Алматы, 2021, с.293-302, ISSN 2304-3334

78 Юсупов Ж.Е., Яковле А.А., Саркынов Е.С., Зулпыхаров Б. А. Обоснование усовершенствованной конструктивно-технологической схемы гидротаранной насосной установки для подъёма воды из водотоков: Сборник трудов ТОО «КазНИИВХ», 2021г.-С.54-63.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акт о внедрении в учебный процесс КазНАИУ результатов исследований докторской диссертации Юсупова Ж.Е.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и учебно-методической работе


Б.Б. Кальцева



« 4 » октября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научной работе и международным связям


Е.Исламов

« 4 » октября 2021 г.

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

в учебный процесс Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный аграрный исследовательский университет» (НАО КазНАИУ) результатов исследований докторской диссертации Юсупова Ж.Е. по теме «Совершенствование гидротаранной насосной установки по разработке гидроударного устройства для повышения эффективности орошения и обводнения пастбищ в зонах водотоков».

Мы, нижеподписавшиеся, научный руководитель докторской диссертации, профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация» Яковлев Александр Александрович и докторант Юсупов Женис Емилевич одной стороны, и декан факультета «Водные, земельные и лесные ресурсы», профессор Саркынов Ербол Саркынович; заведующий кафедрой «Водные ресурсы и мелиорация», профессор Жапаркулова Ермеккуль Дукеновна; начальник управления учебно-методической работы Кусаинова Жанар Абикиеновна с другой, составили настоящий акт о том, что результаты исследований докторской диссертации Юсупова Ж.Е. по теме «Совершенствование гидротаранной насосной установки по разработке гидроударного устройства для повышения эффективности орошения и обводнения пастбищ в зонах водотоков» имеют теоретическое и практическое значение для учебного процесса.

Результаты докторской диссертации внедрены в учебный процесс университета:

- для бакалавров специальности: 5В080500 - «Водные ресурсы и водопользование», в лекционных курсах и практических занятиях на 2020 - 2021 учебный год по дисциплине NNS 3212 «Насосы и насосные станции»;

- для докторантов специальности: 6D080500 «Водные ресурсы и водопользование», в лекционных курсах и практических занятиях на 2020-2021 учебный год по дисциплине IVIES 8304 «Использование возобновляемых источников энергии для сельхозводоснабжения».

Результаты внедрения в учебный процесс:

1. Внедрено в учебный процесс новое направление исследований подъема воды из водотоков с использованием усовершенствованной гидротаранной насосной установки для орошения земель и обводнения пастбищ, работающей по энергосберегающей и экологически чистой технологии водоподъема.

2. Внедренная в учебный процесс технология водоподъема из водотоков позволяет повысить подачу гидротаранной насосной установки в 1,8 – 3,5 раза, увеличить создаваемый напор в 1,8 раза и повысить КПД насосной установки в 1,9 раза.

3. Результаты выполненной разработки в диссертационной работе и внедренные в учебный процесс, имеют научную и техническую новизну, которые подтверждены опубликованными научными статьями и защищенными двумя патентами на изобретение KZ №29911 и №34027 «Гидротаранная насосная установка», патентообладателем которых является НАО КазНАУ, а одним из разработчиков экспериментальных образцов является докторант.

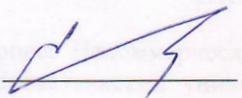
Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А

Результаты внедрения в учебный процесс бакалавров и докторантов кафедры «Водные ресурсы и мелиорация» НАО КазНАИУ материалов по докторской диссертации Юсупова Ж.Е. позволили освоить новое направление исследований подъёма воды из водотоков, изучить особенности энергосберегающей и экологически чистой технологии водоподъёма, основы научных исследований, конструктивное исполнение насосной установки, предназначенной для орошения земель и пастбищного водоснабжения на объектах АПК РК в зонах водотоков.



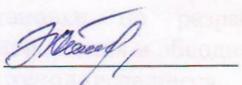
Начальник управления
учебно-методической работы

А. Кусаинова



Декан факультета «Водные,
земельные и лесные ресурсы»

Е. Саркынов



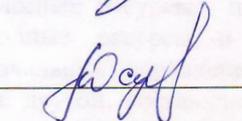
Зав. кафедрой «Водные ресурсы и
мелиорация»

Е.Жапаркулова



Научный руководитель

А.Яковлев



PhD докторант

Ж. Юсупов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

о внедрении усовершенствованной гидротаранной насосной установки для орошения и обводнения пастбищ в зонах водотоков, разработанной в НАО «КазНАУ»

г. Талгар

«22» декабря 2021 года

Товарищество с ограниченной ответственностью «vTASBULAK» - бизнес – партнёр по освоению производства насосного оборудования рекомендует к внедрению разработанную в НАО «КазНАУ» гидротаранную насосную установку для водоподъёма из водотоков трёх типоразмеров: два для орошения земель с параметрами: подача 17,7 м³/ч и 35,4 м³/ч и создаваемый напор 20 м; один для обводнения пастбищ крестьянских и фермерских хозяйств с параметрами: подача 7 м³/ч и создаваемый напор 12 м.

Предлагаемые к внедрению типоразмеры усовершенствованных гидротаранных насосных установок позволят по сравнению с аналогами с приводом от гидроэнергии воды в водотоках повысить подачу гидротаранной насосной установки в 1,8 – 3,5 раза, увеличить создаваемый напор в 1,8 раза и повысить КПД насосной установки в 1,9 раза, а по сравнению с базовыми насосными агрегатами АН - 2К - 9 - М1 и АНС-60 Д могут снижать соответственно эксплуатационные затраты в 8,87 и 11,4 раза, за счет чего годовой эффект от применения может составить 324 360 и 941 598 тенге на одну установку при сроке окупаемости не более года. Прогнозируемая эффективность разработки по РК может составить до 3,3 и 9,6 млрд. тенге.

Разработанные типоразмеры усовершенствованных гидротаранных насосных установок обладают научной и технической новизной, они защищены двумя патентами на изобретение КЗ: №29911 и №34027 «Гидротаранная насосная установка», патентообладателем которых является НАО КазНАУ, а одним из разработчиков экспериментальных образцов является докторант.

Рекомендуемые для внедрения три типоразмера усовершенствованных гидротаранных насосных установок будут конкурентоспособны на внутреннем и внешних рынках сбыта, так как они работают по энергосберегающей и экологически чистой технологии водоподъёма, значительно улучшают параметры по сравнению с аналогами и снижают эксплуатационные затраты по сравнению с базовыми насосными агрегатами с приводом от двигателей внутреннего сгорания.



Тазабеков М.Ж.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Дата поступления 26.05.2023	(85) Дата перевода международной заявки на национальную фазу	(21) Регистрационный № 2023/0361.1	(22) Дата подачи 26.05.2023
<input type="checkbox"/> (86) регистрационный номер международной заявки и дата международной подачи, установленные получающим ведомством <input type="checkbox"/> (87) номер и дата международной публикации международной заявки <input type="checkbox"/> (96) номер евразийской заявки и дата подачи заявки, установленные получающим ведомством <input type="checkbox"/> (97) номер и дата публикации евразийской заявки			
ЗАЯВЛЕНИЕ о выдаче патента Республики Казахстан на изобретение			
Предоставляя указанные ниже документы, прошу (просим) выдать патент Республики Казахстан на изобретение на имя заявителя(ей) (71) Заявитель(и):		Код страны по стандарту ВОИС ST.3 (если он установлен)	
1. Некоммерческое акционерное общество "Казахский национальный аграрный исследовательский университет" (Проспект Абая 8, город Алматы, Медеуский район, 050010) (указывается полное имя или наименование и местожительство или местонахождение. Данные о местожительстве авторов-заявителей приводятся в графе, рядом с графой с кодом (72))		KZ	
Заполняется только при испрашивании приоритета по дате, более ранней, чем дата подачи заявки в РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» Прошу (просим) установить приоритет изобретения по дате: <input type="checkbox"/> подачи первой(ых) заявки(ок) в государстве-участнике Парижской конвенции (пунктом 2 статьи 20 Закона) <input type="checkbox"/> подачи более ранней заявки в РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» в соответствии с пунктом 4 статьи 20 Закона <input type="checkbox"/> подачи первоначальной заявки в РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» в соответствии с пунктом 5 статьи 20 Закона приоритета первоначальной заявки (пунктом 5 статьи 20 Закона) (номер заявки, дата подачи) <input type="checkbox"/> поступления дополнительных материалов к более ранней заявке (пунктом 3 статьи 20 Закона)			
(31) № первой, более ранней, первоначальной заявки	(32) Дата испрашиваемого приоритета	(33) Код страны подачи по ST.3 (при испрашивании конвенционного приоритета)	
(54) Название изобретения ГИДРОТАРАННАЯ НАСОСНАЯ УСТАНОВКА Гидротаранды сорап қондырғысы			
Адрес для переписки (полный почтовый адрес и имя адресата) КУРИШБАЕВ АХЫЛБЕК КАЖИГУЛОВИЧ, МИКРОРАЙОН Караоткель, УЛИЦА Имантау 5, АСТАНА НҰРА ҚАЛА ІШІНДЕГІ АУДАНЫ Нұра, Республика Казахстан, 050010 Телефон: +7772725473 Мобильный тел. Факс: Адрес электронной почты migkz@ya.ru			
(74) Патентный поверенный (полное имя, регистрационный номер) или представитель заявителя(ей) (полное имя или наименование)			

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ В

Перечень прилагаемых документов	Количество листов в 1 экземпляре	Количество экземпляров	(место для штампа РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»)
<input type="checkbox"/> приложение к заявлению			
<input checked="" type="checkbox"/> описание изобретения	10	1	
<input checked="" type="checkbox"/> формула изобретения	2	1	
<input checked="" type="checkbox"/> чертеж(и) и иные материалы	1	1	
<input checked="" type="checkbox"/> реферат	2	1	
<input type="checkbox"/> документ об оплате подачи заявки			
<input type="checkbox"/> документ, подтверждающий наличие оснований для уменьшения размера оплаты			
<input type="checkbox"/> копия(и) первой(ых) заявки(ок) (при испрашивании конвенционного приоритета)			
<input type="checkbox"/> документы заявки на иностранном языке			
<input type="checkbox"/> доверенность, удостоверяющая полномочия патентного поверенного или представителя			
<input type="checkbox"/> другой документ (указать)			
№ фигуры чертежей, предлагаемой для публикации с формулой(рефератом) 1-2 ГИДРОТАРАННАЯ НАСОСНАЯ УСТАНОВКА			
(72) Автор(ы) (указывается полное имя)	Полный почтовый адрес местожительства, включая наименование страны и ее код по стандарту ВОИС ST.3, если он установлен		
1. Есполов Тлектес Исабаевич	пр.Абая 8, г.Алматы, KZ, 050010		
2. Яковлев Александр Александрович	пр.Сейфуллина 534, кв.187, г.Алматы, KZ, 050022		
3. Балгабаев Нурлан Нурмаханович	ул. Жолбарысхан 99, г. Тараз, KZ, 080003		
4. Рау Алексей Григорьевич	Есенберлина дом 53, г. Алматы, KZ, 050000		
5. Саркынов Ербол	мкр.Карасу, ул. Центральная 65, г. Алматы, KZ, 050048		
6. Рябцев Анатолий Дмитриевич	мкр.Самал 2, д.21, кв.22, г. Алматы, KZ, 050051		
7. Жапаркулова Ермеккуль Дуkenовна	ул.Навои 208, г. Алматы, KZ, 050043		
8. Калыбекова Есенкул Мырзагелдиевна	мкр.Мамыр 3, д.21 кв.4, г. Алматы, KZ, 050036		
9. Сейтасанов Ибрагим Сматович	мкр. Кулагер, дом 26, кв.28, г. Алматы, KZ, 050050		
10. Жандаулетова Фарида Рустембековна	ул.Чайковского 129, кв.91, г. Алматы, KZ, 050012		
11. Глеукулов Алмас Токтасынович	мкр.Мамыр 3, д.22, кв.19, г. Алматы, KZ, 050036		
12. Зулпыхаров Бауыржан Амалбекович	мкр.Саялы, д.117, кв.12, г. Алматы, KZ, 050047		
13. Юсупов Женис Емилевич	мкр.Саялы, д. 120, г. Алматы, KZ, 050047		
14. Жакупова Жанар Зиядовна	мкр.9, д.39, кв.73, г. Алматы, KZ, 050036		
15. Акимов Нариман Аманович	ул.Курмангазы, д.28, г. Толдыкорган, KZ, 040000		
Я (мы) прошу (просим) не упоминать меня (нас) как автора(ов) при публикации сведений о выдаче патента на изобретение			
Подпись(и) автора(ов):			