

ISSN 2224-526X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АГРАРЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ АГРАРНЫХ НАУК



SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

3 (39)

МАМЫР – МАУСЫМ 2017 ж.

МАЙ – ИЮНЬ 2017 г.

MAY – JUNE 2017

2011 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН

ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 2011 ГОДА

PUBLISHED SINCE JANUARY 2011

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

Есполов Т.И.,

э.ғ.д, профессор,

ҚР ҰҒА академигі және вице-президенті

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Байзақов С.Б., э.ғ.д, проф., ҚР ҰҒА академигі (бас редактордың орынбасары); **Тиреуов К.М.**, э.ғ.д, проф., ҚР ҰҒА корр-мүшесі (бас редактордың орынбасары); **Елешев Р.Е.**, т.ғ.д, проф., ҚР ҰҒА академигі; **Рау А.Г.**, т.ғ.д, проф., ҚР ҰҒА академигі; **Иванов Н.П.**, в.ғ.д, проф., ҚР ҰҒА академигі; **Кешуов С.А.**, т.ғ.д, проф., ҚР ҰҒА корр-мүшесі; **Мелдебеков А.**, а.ш.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі; **Чоманов У.Ч.**, т.ғ.д, проф., ҚР ҰҒА академигі; **Елюбаев С.З.**, а.ш.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА корр-мүшесі; **Садықұлов Т.**, а.ш.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА корр-мүшесі; **Сансызбай А.Р.**, а.ш.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА корр-мүшесі; **Умбетаев И.**, а.ш.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА корр-мүшесі; **Оспанов С.Р.**, а.ш.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА құрметті мүшесі; **Олейченко С.И.**, а.ш.ғ.д., проф.; **Кененбаев С.Б.**, а.ш.ғ.д., проф., ҚР АШҒА академигі; **Омбаев А.М.**, а.ш.ғ.д., проф.; **Молдашев А.Б.**, э.ғ.д, проф., ҚР ҰҒА құрметті мүшесі; **Сагитов А.О.**, б.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі; **Сапаров А.С.**, а.ш.ғ.д., проф., ҚР АШҒА академигі; **Балгабаев Н.Н.**, а.ш.ғ.д., проф.; **Умирзаков С.И.**, т.ғ.д, проф.; **Султанов А.А.**, в.ғ.д., проф., ҚР АШҒА академигі; **Жамбакин К.Ж.**, б.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА корр-мүшесі; **Алимқұлов Ж.С.**, т.ғ.д., проф., ҚР АШҒА академигі; **Саданов А.К.**, б.ғ.д., проф.; **Сарсембаева Н.Б.**, в.ғ.д., проф.

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Fasler-Kan Elizaveta, Dr., University of Basel Switzerland; **Koolmees Petrus Adrianus**, Prof. Dr., Utrecht University, The Netherlands; **Babadoost-Kondri Mohammad**, Prof., University of Illinois, USA; **Yus Aniza Binti Yusof**, Dr., University Putra, Malaysia; **Hesseln Hayley Fawn**, As. Prof., University of Saskatchewan, Canada; **Alex Morgounov**, Pr., International Maize and Wheat Improvement Center Turkey; **Андреш С.**, Молдова Республикасы ҰҒА академигі; **Гаврилюк Н.Н.**, Украина ҰҒА академигі; **Герасимович Л.С.**, Беларусь Республикасының ҰҒА академигі; **Мамедов Г.**, Азербайжан Республикасының ҰҒА академигі; **Шейко И.П.**, Беларусь Республикасының ҰҒА академигі; **Жалнин Э.В.**, т.ғ.д., проф., Ресей; **Боинчан Б.**, а.ш.ғ., проф., Молдова Республикасы.

Главный редактор

Есполов Т.И.,

доктор эконом. наук, проф.,
вице-президент и академик НАН РК

Редакционная коллегия:

Байзаков С.Б., доктор эконом. наук, проф., академик НАН РК (заместитель главного редактора); **Тиреуов К.М.**, доктор эконом. наук, проф., член-корр. НАН РК (заместитель главного редактора); **Елешев Р.Е.**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК; **Рау А.Г.**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК; **Иванов Н.П.**, доктор ветеринар. наук, проф., академик НАН РК; **Кешуов С.А.**, доктор техн. наук, проф., член-корр. НАН РК; **Мелдебеков А.**, доктор сельхоз. наук, проф., академик НАН РК; **Чоманов У.Ч.**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК; **Елюбаев С.З.**, доктор сельхоз. наук, проф., член-корр. НАН РК; **Садыкулов Т.**, доктор сельхоз. наук, проф., член-корр. НАН РК; **Сансызбай А.Р.**, доктор сельхоз. наук, проф., член-корр. НАН РК; **Умбетаев И.**, доктор сельхоз. наук, проф., член-корр. НАН РК; **Оспанов С.Р.**, доктор сельхоз. наук, проф., Почетный член НАН РК; **Олейченко С.И.**, доктор сельхоз. наук, проф.; **Кененбаев С.Б.**, доктор сельхоз. наук, проф., академик АСХН РК; **Омбаев А.М.**, доктор сельхоз. наук, проф.; **Молдашев А.Б.**, доктор эконом. наук, проф., Почетный член НАН РК; **Сагитов А.О.**, доктор биол. наук, академик НАН РК; **Сапаров А.С.**, доктор сельхоз. наук, проф., академик АСХН РК; **Балгабаев Н.Н.**, доктор сельхоз. наук, проф.; **Умирзаков С.И.**, доктор техн. наук, проф.; **Султанов А.А.**, доктор ветеринар. наук, проф., академик АСХН РК; **Жамбакин К.Ж.**, доктор биол. наук, проф., член-корр. НАН РК; **Алимкулов Ж.С.**, доктор техн. наук, проф., академик АСХН РК; **Саданов А.К.**, доктор биол. наук, проф.; **Сарсембаева Н.Б.**, доктор ветеринар. наук, проф.

Редакционный совет:

Fasler-Kan Elizaveta, Dr., University of asel Switzeland; **Koolmees Petrus Adrianus**, Prof. Dr., Utrecht University, The Netherlands; **Babadoost-Kondri Mohammad**, Prof., University of Illinois, USA; **Yus Aniza Binti Yusof**, Dr., University Putra, Malaysia; **Hesseln Hayley Fawn**, As.Prof., University of Saskatchewan, Canada; **Alex Morgounov**, Pr., International Maize and Wheat Improvement Center Turkey; **Андреш С.**, академик НАН Республики Молдова; **Гаврилюк Н.Н.**, академик НАН Украины; **Герасимович Л.С.**, академик НАН Республики Беларусь; **Мамедов Г.**, академик НАН Республики Азербайджан; **Шейко И.П.**, академик НАН Республики Беларусь; **Жалнин Э.В.**, доктор техн. наук, проф., Россия; **Боинчан Б.**, доктор сельхоз. наук, проф., Республика Молдова.

Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия аграрных наук.

ISSN 2224-526X

Собственник: ООО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан № 10895-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz/agricultural.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Chief Editor

Espolov T.I.,

Dr. economy. Sciences, prof.,
Vice President and member of the NAS RK

Editorial Board:

Baizakov S.B., Dr. of economy sciences, prof., academician of NAS RK (deputy editor); **Tireuov K.M.**, Doctor of Economy Sciences., prof., corresponding member of NAS RK (deputy editor); **Eleshev R.E.**, Dr. Of agricultural sciences, prof., academician of the National Academy of Sciences of Kazakhstan; **Rau A.G.**, Dr. sciences, prof., academician of the National Academy of Sciences of Kazakhstan; **Ivanov N.P.**, Dr. of veterinary sciences, prof., academician of the National Academy of Sciences of Kazakhstan; **Kesha S.A.**, Dr. sciences, prof., corresponding member. NAS RK; **Meldebekov A.**, doctor of agricultural sciences, prof., academician of the National Academy of Sciences of Kazakhstan; **Chomanov U.Ch.**, Dr. sciences, prof., academician of the National Academy of Sciences of Kazakhstan; **Yelyubayev S.Z.**, Dr. of agricultural sciences, prof., corresponding member. NAS RK; **Sadykulov T.**, Dr. Farm. Sciences, prof., corresponding member. NAS RK; **Sansyzbai A.R.**, doctor of agricultural sciences, prof., corresponding member. NAS RK; **Umbetaev I.**, Dr. Farm. Sciences, prof., corresponding member. NAS RK; **Ospanov S.R.**, Dr. agricultural sciences, prof., Honorary Member of the National Academy of Sciences of Kazakhstan; **Oleychenko S.N.**, Dr. Of agricultural sciences, prof.; **Kenenbayev S.B.**, Dr. Agricultural sciences, prof., academician of the Academy of Agricultural Sciences of Kazakhstan; **Ombayev A.M.**, Dr. Agricultural sciences, Prof.; **Moldashev A.B.**, Doctor of Economy sciences, prof., Honorary Member of the National Academy of Sciences of Kazakhstan; **Sagitov A.O.**, Dr. biol. sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Kazakhstan; **Saparov A.S.**, Doctor of agricultural sciences, prof., academician of the Academy of Agricultural Sciences of Kazakhstan; **Balgabaev N.N.**, the doctor agricultural sciences, Prof.; **Umirzakov S.I.**, Dr. Sci. Sciences, Prof.; **Sultanov A.A.**, Dr. of veterinary sciences, prof., academician of the Academy of Agricultural Sciences of Kazakhstan; **Zhambakin K.J.**, Dr. of biological Sciences, prof., corresponding member of. NAS RK; **Alimkulov J.C.**, Dr. of biological sciences, prof., academician of the Academy of Agricultural sciences of Kazakhstan; **Sadanov A.K.**, Dr. of biological Sciences, Prof.; **Sarsembayeva N.B.**, Dr. veterinary sciences, prof.

Editorial Board:

Fasler-Kan Elizaveta, Dr., University of Basel Switzerland; **Koolmees Petrus Adrianus**, Prof. Dr., Utrecht University, The Netherlands; **Babadoost-Kondri Mohammad**, Prof., University of Illinois, USA; **Yus Aniza Binti Yusof**, Dr., University Putra, Malaysia; **Hesseln Hayley Fawn**, As. Prof., University of Saskatchewan, Canada; **Alex Morgounov**, candidate of agricultural sciences, International Maize and Wheat Improvement Center Turkey; **Andresh S.**, academician of NAS of Moldova; **Gavriluk N.N.**, academician of NAS of Ukraine; **Gerasimovich L.S.**, academician of NAS of Belorussia; **Mamadov G.**, academician of NAS of Azerbaijan; **Sheiko I.P.**, academician of NAS of Belorussia; **Zhalnin E.V.**, Dr. of technical sciences, professor, Russia, **Boinchan B.**, doctor of agricultural sciences, prof., Moldova.

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Agrarian Sciences.

ISSN 2224-526X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 10895-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/> agricultural.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty\

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 3, Number 39 (2017), 100 – 106

Y. T. Kaipbayev, Y. Sarkynov, A. A. Yakovlev, A. E. Aldiyarova

Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: yerbolat.kaipbayev@yandex.ru; ainur_005@mail.ru

**THEORETICAL RESEARCH ON THE DEVELOPED SCHEME
OF PNEUMA-VACUUM (AIRLIFT) PUMPING UNIT**

Abstract. In the article presented the technique of performance of theoretical researches on the developed scheme of a pneumovacuum pumping unit. Based on the theoretical studies carried out by airlift and airlift-vacuum methods of water lifting, received main analytical dependences of the output parameters (feed (supply), specific gravity of the lifted water-air mixture, created by vacuum and potential heads, capacity of the pumping system and the pumping system consumed and the efficiency of the pumping system and pumping unit) from the input main parameters (air flow and pressure created by the compressor, the height of the water lift, the depth of submersion of the pumping part under the dynamic water level), which were the basis for substantiating the main technological and technical parameters of the developed pneumovacuum (air-lift) pumping unit.

Key words: feed (supply), specific weight, water-air mixture, efficiency, airlift, air-vacuum (air-lift) pumping unit, ejector, aeration, water lift, compressed air.

УДК 621.6.052

Е. Т. Кайпбаев, Е. Саркынов, А. А. Яковлев, А. Е. Алдиярова

Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ПО РАЗРАБОТАННОЙ СХЕМЕ ПНЕВМОВАКУУМНОЙ
(ЭРЛИФТНОЙ) НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ**

Аннотация. В статье рассмотрено методика выполнения теоретических исследований по разработанной схеме пневмовакуумной насосной установки. На основании выполненных теоретических исследований эрлифтного и эрлифтно-вакуумного способов водоподъема, получены основные аналитические зависимости выходных параметров (подачи, удельного веса поднимаемой водовоздушной смеси, создаваемых вакуумного и потенциального напоров, мощности насосной системы и потребляемой насосной установкой и КПД насосной системы и насосной установки) от входных основных параметров (расхода и давления воздуха, создаваемые компрессором, высоты водоподъема, глубины погружения насосной части под динамический уровень воды), которые явились основанием для обоснования основных технологических и технических параметров разрабатываемой пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки.

Ключевые слова: подача, удельный вес, водовоздушная смесь, КПД, эрлифт, пневмовакуумная (эрлифтная) насосная установка, эжектор, аэрация, водоподъем, сжатый воздух.

Методика выполнения теоретических исследований по разработанной схеме пневмовакуумной насосной установки. Теоретические исследования по разработанной схеме пневмовакуумной насосной установки заключаются в определении аналитических зависимостей между основными входными и выходными технологическими и техническими параметрами пневмовакуумного способа водоподъема.

При теоретических исследованиях пневмовакuumного способа водоподъема использованы известные аналитические зависимости с внесением уточнений и изменений, в связи с отличительными особенностями исследуемой схемы пневмовакuumной насосной установки от известных по литературным источникам [1-5].

Основными входными параметрами пневмовакuumного способа водоподъема по разработанной схеме насосной установки являются: расход сжатого воздуха (подача компрессора по нагнетанию) W_{KH} или всасыванию W_{KO} ; избыточное давление сжатого воздуха $P_{СИ}$ (создаваемое компрессором); давление атмосферное P_a ; высота водоподъема (динамический уровень) H ; погружение насосной части (форсунки) под динамический уровень воды H_ϕ ; рабочий уровень воды над форсункой H_{BP} ; удельные веса: поднимаемой воды γ , сжатого воздуха γ_B .

Основными выходными параметрами являются: подача насосной установки Q ; удельный вес поднимаемой водо-воздушной смеси γ_{CM} ; напоры: вакуумный H_{BAK} и потенциальный H_p , создаваемые сжатым воздухом через эжектор в форсунке и водоподъемной трубе; мощности: насосной системы $N_{НС}$, потребляемой насосной установкой (компрессором) N_B ; КПД: насосной системы $\eta_{НС}$, насосной установки η_B .

Для определения указанных параметров будут рассмотрены следующие функциональные зависимости:

$$f(\gamma, \gamma_B, \gamma_{CM}, H_\phi, H, H_{BAK}, H_p) = 0, \quad (1)$$

$$\gamma_{CM} = f(\gamma, \gamma_B, H_\phi, H, H_{BP}, H_{BAK}, H_p), \quad (2)$$

$$H_{BP} = f(H_\phi, H), \quad (3)$$

$$H_{BAK} = f(P_a, P_{СИ}), \quad (4)$$

$$H_p = f(\gamma, P_{ca}, v_{CM}), \quad (5)$$

$$P_{СИ} = f(\gamma, \gamma_B, \gamma_{CM}, H_\phi, H, P_{BAK}, \Delta H, \Delta P), \quad (6)$$

$$Q = f(\gamma, P_{СИ}, P_a, W_{KH}, \eta_{НС}), \quad (7)$$

$$N_{НС} = f(P_{СИ}, W_{KH}), \quad (8)$$

$$N_B = f(N_{НС}, \eta_K, \eta_n), \quad (9)$$

$$\eta_{НС} = f(\gamma, Q, H, N_{НС}), \quad (10)$$

$$\eta_B = f(\gamma, Q, H, N_B), \quad (11)$$

где γ , γ_B , γ_{CM} – удельный вес поднимаемой воды, подаваемого сжатого воздуха и водо-воздушной смеси, H/m^3 ; H_ϕ – погружение насосной части (форсунки) под динамический уровень воды, м; H – высота водоподъема, м; H_{BP} – рабочий уровень воды над форсункой, м; H_{BAK} , H_p – напоры вакуумный и потенциальный, создаваемые сжатым через эжектор соответственно в форсунке и водоподъемной трубе, м; P_a – давление (воздуха) атмосферное, Па, H/m^2 ; $P_{СИ}$, P_{ca} – давление сжатого воздуха в соплах пассивном и активном, Па, H/m^2 ; v_{CM} – скорость движения водо-воздушной смеси в водоподъемной трубе на ее входе, м/с; $P_{СИ}$ – избыточное давление сжатого воздуха (потребное), создаваемое компрессором, Па, H/m^2 ; P_{BAK} – избыточное давление сжатого воздуха, необходимое для создания вакуумного напора в форсунке насосной части, Па, H/m^2 ; ΔH , ΔP – потери давления в гидравлической и пневматической системах пневмовакuumной насосной установки, м и Па; Q – подача насосной установки, m^3/c ; W_{KH} – расход сжатого воздуха (подача компрессора по нагнетанию), m^3/c ; $N_{НС}$, N_B – мощность насосной системы и потребная насосной установки, Вт; $\eta_{НС}$, η_B – КПД насосной системы и насосной установки; η_K , η_{II} – КПД компрессора и привода компрессора.

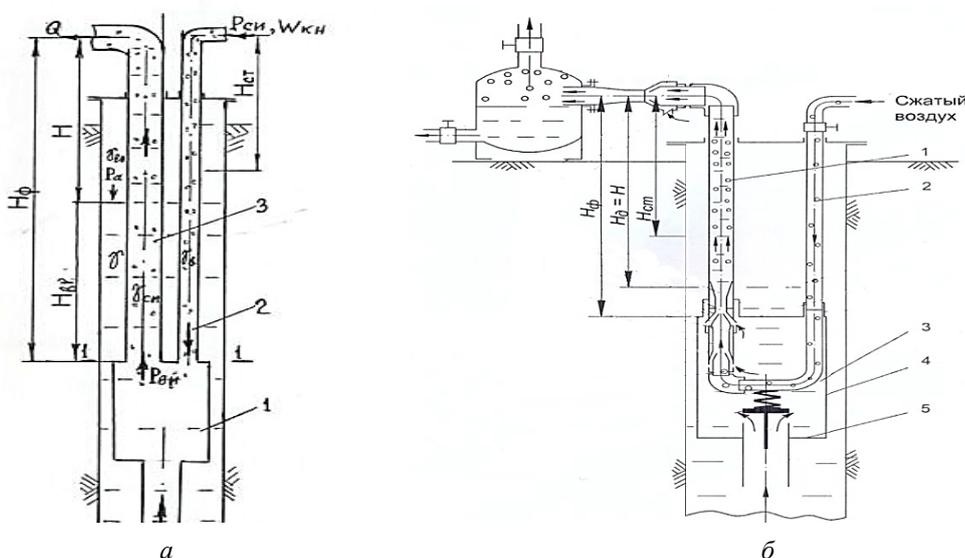
Результаты теоретических исследований по эрлифтному и эрлифтно-вакуумному способам водоподъема насосной установки. При теоретических исследованиях технологии подъема воды из скважин были рассмотрены технологические схемы известного эрлифтного способа водоподъема из скважин и нового эрлифтно-вакуумного способа водоподъема (рисунок).

До настоящего времени теоретически недостаточно изучен протекающий процесс известного эрлифтного способа водоподъема и не изучен новый эрлифтно-вакуумный способ водоподъема.

Ниже рассмотрены теоретические основы известного эрлифтного и нового эрлифтно-вакуумного способа водоподъема и дан их сравнительный анализ.

Технологический процесс известного эрлифтного способа подъема воды из скважин при установившемся режиме работы (рисунок 1,а) заключается в создании в форсунке насосной части, погруженной под значительный столб поднимаемой воды (не менее высоты водоподъема), водовоздушной смеси путем непрерывной подачи в нее сжатого воздуха по трубопроводу от источника сжатого воздуха (компрессора) и подачи в нее воды от напора столба поднимаемой воды, находящегося над форсункой и транспортирования водовоздушной смеси сжатым воздухом по водоподъемному трубопроводу.

Новый эрлифтно-вакуумный способ подъема воды (рисунок 1,б) отличается от известного эрлифтного способа методом создания водовоздушной смеси и технологическим процессом ее транспортирования, которые при установившемся режиме работы заключаются в том, что водовоздушная смесь создается непосредственно в водоподъемном трубопроводе насосной части, погруженной под незначительный столб воды, путем непрерывной подачи в него сжатого воздуха через устройство, создающее вакуум в форсунке, и подачи воды за счет вакуума и столба воды, находящегося над форсункой, и транспортирования водовоздушной смеси по водоподъемному трубопроводу сжатым воздухом и за счет вакуума, создаваемого на выходе водоподъемного трубопровода специальным эжектором, через который подается сжатый воздух, одновременно методом аэрации завершается процесс улучшения качества поднимаемой воды.



Технологические схемы известного эрлифтного способа водоподъема из скважин и нового эрлифтно-вакуумного способа водоподъема: а – технологическая схема известного эрлифтного водоподъема из скважин; б – технологическая схема нового эрлифтно-вакуумного способа водоподъема

На основании функциональной зависимости и применения уравнение равновесия для движущейся водовоздушной смеси в водоподъемной трубе в сечении 1-1 (см. рисунок 1а), получено основное уравнение протекающего технологического процесса эрлифтного способа водоподъема:

$$\gamma(H_{\phi}-H) + \gamma_{в} \cdot H - \gamma_{см} \cdot H_{\phi} = 0, \quad (12)$$

где γ , $\gamma_{в}$, $\gamma_{см}$ – удельные веса поднимаемой воды, сжатого воздуха и водовоздушной смеси в водоподъемном трубопроводе, Н/м³; H_{ϕ} , H – глубина погружения форсунки в скважину и высота водоподъема, м.

В результате теоретических исследований на основании основного уравнения (12) протекающего технологического процесса по эрлифтному способу водоподъема из скважин, были определены формулы по определению основных технологических параметров эрлифтной насосной установки.

Удельный вес $\gamma_{см}$ поднимаемой водовоздушной смеси и величины погружения форсунки под рабочий уровень воды H_{ϕ} определяются по формулам:

$$\gamma_{см} = \gamma \left(1 - \frac{H}{H_{\phi}} \right) + \gamma_{в} \cdot \frac{H}{H_{\phi}}, \quad (13)$$

$$H_{\phi} = \frac{\gamma - \gamma_{в}}{\gamma - \gamma_{см}} \cdot H, \quad (14)$$

Потребное избыточное давление сжатого воздуха $P_{си}$, создаваемое компрессором определяется по формуле:

$$P_{си} = \gamma_{см} (H_{\phi} + \Delta H) - \gamma_{в} \cdot H_{\phi} + \Delta P, \quad (15)$$

где γ , $\gamma_{в}$, $\gamma_{см}$ – удельные веса поднимаемой воды, сжатого воздуха и водовоздушной смеси в водоподъемном трубопроводе, H/m^3 ; H_{ϕ} , H – глубина погружения форсунки в скважину и высота водоподъема, м;

ΔH , ΔP – потери давления в гидравлической и пневматической системах, м и Па.

По опытным данным [2] оптимальный режим технологического процесса эрлифтного способа водоподъема протекает при $\gamma_{см\text{ опт}} = 1/2\gamma$, при котором согласно формулы (14), пренебрегая малой величиной удельного веса сжатого воздуха по сравнению с удельным весом поднимаемой воды, величина погружения форсунки определяется по формуле:

$$H_{\phi} = 2H. \quad (16)$$

На основании функциональной зависимости (1) и применения уравнение равновесия для движущейся водовоздушной смеси в водоподъемной трубе в сечении 1-1 (см. рисунок 1б), получено основное уравнение протекающего технологического процесса эрлифтно-вакуумного способа водоподъема:

$$\gamma(H_{\phi} - H + H_{\text{вак}} + H_p) + \gamma_{в}(H - H_{\text{вак}} - H_p) - \gamma_{см} \cdot H_{\phi} = 0. \quad (17)$$

где γ , $\gamma_{в}$, $\gamma_{см}$ – удельные веса поднимаемой воды, сжатого воздуха и водовоздушной смеси в водоподъемном трубопроводе, H/m^3 ; H_{ϕ} , H – глубина погружения форсунки в скважину и высота водоподъема, м; $H_{\text{вак}}$, H_p – напоры вакуумный и потенциальный, создающие эжекторным устройством при подаче через него сжатого воздуха, м.

В результате теоретических исследований на основании основного уравнения (1) протекающего технологического процесса по новому пневмовакuumному (эрлифтному) способу водоподъема из скважин, были определены формулы по определению технологических параметров пневмовакuumной (эрлифтной) насосной установки.

Удельный вес $\gamma_{см}$ поднимаемой водовоздушной смеси и величины погружения форсунки под рабочий уровень воды H_{ϕ} определяются по формулам:

$$\gamma_{см} = \gamma \left(1 - \frac{H - H_{\text{вак}} - H_p}{H_{\phi}} \right) + \gamma_{в} \cdot \frac{(H - H_{\text{вак}} - H_p)}{H_{\phi}}, \quad (18)$$

$$H_{\phi} = \frac{\gamma - \gamma_{в}}{\gamma - \gamma_{см}} \cdot (H - H_{\text{вак}} - H_p), \quad (19)$$

где γ , $\gamma_{в}$, $\gamma_{см}$ – удельный вес поднимаемой воды, подаваемого сжатого воздуха и водо-воздушной смеси, H/m^3 ; H_{ϕ} – погружение насосной части (форсунки) под динамический уровень воды, м; H – высота водоподъема, м; $H_{\text{вак}}$, H_p – напоры вакуумный и потенциальный, создаваемые сжатым через эжектор соответственно в форсунке и водоподъемной трубе, м.

Высота рабочего уровня воды над форсункой $H_{вр}$ определяется по формуле:

$$H_{вр} = H_{ф} - H, \quad (20)$$

Напоры вакуумный $H_{вак}$ и потенциальный $H_{р}$, создающие эжекторным устройством при подаче через него сжатого воздуха определяются по формулам:

$$H_{вак} = \frac{P_a - P_{сп}}{\gamma}, \quad (21)$$

$$H_{р} = \frac{P_{са}}{\gamma} + \alpha \cdot \frac{v_{см}^2}{2g}, \quad (22)$$

где P_a – давление атмосферное, Па; $P_{сп}$, $P_{са}$ – давление в сечении 1-1 в соплах пассивном и активном, Па; $v_{см}$ – скорость водовоздушной смеси в сечении 1-1 водоподъемного трубопровода, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с².

Потребное избыточное давление сжатого воздуха $P_{си}$, создаваемое компрессором определяется по формуле:

$$P_{си} = \gamma_{см} (H_{ф} + \Delta H) - \gamma_v \cdot H_{ф} + \Delta P + P_{вак}. \quad (23)$$

где ΔH , ΔP – потери давления в гидравлической и пневматической системах, м и Па; γ_v – удельные веса сжатого воздуха:

$$\gamma_v = \gamma_{во} \cdot \frac{P_{вск}}{P_a}, \quad (24)$$

где $\gamma_{во} = 1,29 \cdot 9,81$ – удельный вес атмосферного воздуха, Н/м³; 1,29 – плотность атмосферного воздуха, кг/м³; P_a , $P_{вск}$ – атмосферное давление воздуха и избыточного сжатого воздуха в сечении 1-1, Па.

Для оптимального режима технологического процесса эрлифтно-вакуумного способа водоподъема, при котором $\gamma_{см,опт} = 1/2\gamma$, величина погружения насосной части в водоисточник согласно формулы (19), пренебрегая удельным весом сжатого воздуха, составит:

$$H_{ф} = 2 (H - H_{вак} - H_{р}), \quad (25)$$

где H – высота водоподъема, м; $H_{вак}$, $H_{р}$ – напоры вакуумный и потенциальный, создаваемые сжатым через эжектор соответственно в форсунке и водоподъемной трубе, м.

Сравнительный анализ теоретических исследований по величине погружения насосной части (форсунки) во внутрь скважины $H_{ф}$ и величине потребного избыточного давления сжатого воздуха $P_{си}$ при оптимальном режиме технологического процесса известного эрлифтного способа водоподъема (формулы 16 и 15) и нового эрлифтно-вакуумного способа водоподъема (формулы 25 и 23) показал преимущество нового способа водоподъема по обоим критериям оценки. Так, по известному способу водоподъема величина погружения насосной части под рабочий уровень воды равна $H_{ф} = 2H$, что значительно выше, чем при новом эрлифтно-вакуумном способе водоподъема $H_{ф} = 2H - 2(H_{вак} + H_{р})$, величина которой меньше на удвоенную суммарную величину создаваемого вакуумного $H_{вак}$ и потенциального $H_{р}$ напоров. На этом основании металлоемкость насосной части нового типа эрлифта уменьшается в 1,7... 2 раза при максимальной высоте водоподъема.

По энергетическим показателям – потребному избыточному давлению сжатого воздуха $P_{си}$ в известном эрлифтно-вакуумном способе водоподъема (формула 15) при оптимальном режиме его работы составляет (без учета потерь) γH , в новом эрлифтно-вакуумном способе водоподъема (формула 23) потребное избыточное давление меньше на величину вакуумного напора $P_{вак} = \gamma H_{вак}$. При максимальной высоте водоподъема потребное давление сжатого воздуха уменьшается в 1,2... 1,3 раза.

Для определения подачи Q , потребляемой мощности $N_{нс}$ и КПД $\eta_{нс}$ насосной системы и в целом насосной установки $\eta_{ну}$, использованы известные теоретические зависимости для воздушных водоподъемников [2, 5, 6].

Подача насосной установки

$$Q = \frac{P_{си} \cdot W_{кн}}{\gamma H} \cdot \eta_{нс} = \frac{W_{во} \cdot P_a}{\left(1 + \frac{P_a}{P_{си}}\right) \cdot \gamma H} \cdot \eta_{нс} \quad (26)$$

где $W_{\text{кн}}$, $W_{\text{ко}}$ – расход сжатого воздуха или приведенного к атмосферному давлению P_a (подача компрессора по нагнетанию при $P_{\text{сн}}$ и по всасыванию при P_a), $\text{м}^3/\text{с}$; γ – удельный вес поднимаемой воды, $\text{Н}/\text{м}^3$; H – высота водоподъема, м ; $\eta_{\text{нс}}$ – КПД насосной системы эрлифта; P_a – атмосферное давление воздуха, Па ; $P_{\text{сн}}$ – потребное давление сжатого воздуха, Па (для известного эрлифтного способа водоподъема определяется по (19), для нового эрлифтно-вакуумного по (33)).

Мощность насосной системы

$$N_{\text{нс}} = P_{\text{сн}} \cdot W_{\text{кн}} = \frac{W_{\text{ко}} \cdot P_a}{\left(1 + \frac{P_a}{P_{\text{сн}}}\right)}, \text{ Вт}, \quad (27)$$

Потребная мощность насосной установки с приводом от автономного компрессора

$$N_{\text{ну}} = \frac{N_{\text{нс}}}{\eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{п}}} = \frac{P_{\text{сн}} \cdot W_{\text{кн}}}{\eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{п}}} = \frac{W_{\text{ко}} \cdot P_a}{\left(1 + \frac{P_a}{P_{\text{сн}}}\right) \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{п}}}, \quad (28)$$

где $\eta_{\text{к}}$, $\eta_{\text{п}}$ – КПД компрессора и КПД привода компрессора.

КПД насосной системы ($\eta_{\text{нс}}$) и насосной установки ($\eta_{\text{ну}}$):

$$\eta_{\text{нс}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{N_{\text{нс}}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{P_{\text{сн}} \cdot W_{\text{кн}}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{W_{\text{ко}} \cdot P_a} \cdot \left(1 + \frac{P_a}{P_{\text{сн}}}\right), \quad (29)$$

$$\eta_{\text{ну}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{N_{\text{ну}}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{P_{\text{сн}} \cdot W_{\text{кн}}} \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{п}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{W_{\text{ко}} \cdot P_a} \cdot \left(1 + \frac{P_a}{P_{\text{сн}}}\right) \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{п}} = \eta_{\text{нс}} \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{п}}, \quad (30)$$

где Q – подача насосной установки, $\text{м}^3/\text{с}$; γ – удельный вес поднимаемой воды, $\text{Н}/\text{м}^3$; $N_{\text{нс}}$, $N_{\text{ну}}$ – потребляемая мощность насосной системы и насосной установки, Вт .

В результате теоретического анализа доказано преимущество использования нового эрлифтно-вакуумного способа водоподъема по сравнению с известным эрлифтным способом водоподъема в снижении расхода водоподъемных и воздухопроводных труб в 1,7...2 раза за счет уменьшения заглубления насосной части под динамический уровень воды в водоисточнике, уменьшения пускового давления сжатого воздуха в 1,2...1,3 раза и снижения удельных энергозатрат и повышения КПД насосной установки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Усаковский В.М. Водоснабжение и водоотведение в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 2002. – 328 с.
- [2] Яковлев А.А. Исследование эрлифтного способа водоподъема воды из скважин // Сборник научных трудов КазНИИМЭСХ: Вопросы механизации сельскохозяйственного производства Республики Казахстан. – Алматы: РНИ «Бастау», 1995. – С. 58-64.
- [3] Яковлев А.А., Саркынов Е., Асанбеков Б.А., Биримкулова Б.А. Теоретические основы по эрлифтно-вакуумному способам подъема воды из подземных водоисточников // Инновационные технологии повышения эффективности мелиоративных систем и безопасности гидротехнических сооружений: материалы научно-практической конференции. – Волгоград, 2010. – С. 76-81.
- [4] Яковлев А.А. Теоретические основы использования сжатого воздуха при восстановлении дебита скважин // Материалы междунаучно-практич. конф. – Ч. 1. – Алматы: КазНАУ, 2002. – С. 171-174.
- [5] Информационный листок о научно-техническом достижении. Пневмо-вакуумная (эрлифтная) насосная установка УНП-3,6-50 / А.А. Яковлев, Е. Саркынов, Б.А. Асанбеков, Б.А. Биримкулова, Ж.З. Жакупова. – Алматы: КазНАУ, 2012. – 6 с.
- [6] Яковлев А.А. Расчет пневмокамерных водоподъемников // Экспресс – информация. – Серия 5. Общие вопросы строительства, организация и технология строительного производства. – Алматы: КазЦНТИС Госстроя КазССР, 1991. – 18 с.

REFERENCES

- [1] Usakovskij V.M. Vodospabzhenie i vodootvedenie v sel'skom hozjajstve. M.: Kolos, 2002. 328 p.
- [2] Jakovlev A.A. Issledovanie jerliftного sposoba vodopod#ema vody iz skvazhin // Sbornik nauchnyh trudov KazNIIMJeSH: Voprosy mehanizacii sel'skhozjajstvennogo proizvodstva Respubliki Kazahstan. Almaty: RNI «Bastau», 1995. P. 58-64.
- [3] Jakovlev A.A., Sarkynov E., Asanbekov B.A., Birimkulova B.A. Teoreticheskie osnovy po jerliftnomu i jerliftno-vakuumnomu sposobam pod#ema vody iz podzemnyh vodoistochnikov // Innovacionnye tehnologii povysheniya jeffektivnosti meliorativnyh sistem i bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzhenij: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. Volgograd, 2010. P. 76-81.

[4] Jakovlev A.A. Teoreticheskie osnovy ispol'zovanija szhatogo vozduha pri vosstanovlenii debita skvazhin // Materialy mezhd. nauchno-praktich. konf. Ch. 1. Almaty: KazNAU, 2002. P. 171-174.

[5] Informacionnyj listok o nauchno-tehnicheskom dostizhenii. Pnevmo-vakuumnaja (jerliftnaja) nasosnaja ustanovka UNP-3,6-50 / A.A. Jakovlev, E. Sarkynov, B.A. Asanbekov, B.A. Birimkulova, Zh.Z. Zhakupova. Almaty: KazNAU, 2012. 6 p.

[6] Jakovlev A.A. Raschet pnevmokamernyh vodopod#emnikov // Jekspress – informacija. Serija 5. Obshhie voprosy stroitel'stva, organizacija i tehnologija stroitel'nogo proizvodstva. Almaty: KazCNTIS Gosstroja KazSSR, 1991. 18 p.

Е. Т. Кайпбаев, Е. Саркынов, А. А. Яковлев, А. Е. Алдиярова

Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

ПНЕВМОВАКУУМДЫ (ЭРЛИФТТІ) СОРАП ҚОНДЫРҒЫСЫН ДАЙЫНДАЛҒАН СҰЛБАСЫ БОЙЫНША ТЕОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Мақалада пневмовакуумды сорғы қондырғысының дайындалған сұлбасы бойынша теориялық зерттеу әдістемесі қарастырылған. Эрлифтті және эрлифтті-вакуумды су көтеру тәсілдері арқылы жүргізілген теориялық зерттеулер нәтижесінде сыртқы көрсеткіштерінен (су берілісі, көтерілетін сулы ауалы қоспаның меншікті салмағы, вакуумды және потенциалды арын туғызушы, сорап жүйесі мен пайдаланылатын сорап қондырғысының қуаты мен пайдалы әсер коэффициенті), ал ішкі негізгі көрсеткіштерінен (компрессор арқылы пайда болатын ауа қысымы мен шығыны, су көтеру биіктіктері, судың динамикалық деңгейіне дейін батырылатын тереңдіктегі сорап қондырғысының бөлігі) негізгі аналитикалық байланыстар алынды, бұл көрсеткіштер дайындалатын пневмовакуумды (эрлифтті) сорап қондырғысының негізгі технологиялық және техникалық көрсеткіштерін негіздеуге себеп болды.

Түйін сөздер: су берілісі, меншікті салмақ, су-ауалы қоспа, ПӘК, эрлифт, пневмовакуумды (эрлифтті) сорап қондырғысы, эжектор, аэрация, су көтеру, тығыздалған ауа.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://agricultural.kz/>

Редактор *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. М. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 15.05.2017.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
14,75 п.л. Тираж 300. Заказ 3.