

УДК 621.6.052:622.276.523

Кайпбаев Е.Т.

*Казахский национальный аграрный университет*

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЕ ПНЕВМОВАКУУМНОЙ (ЭРЛИФТНОЙ) НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

### Аннотация

В статье рассмотрена методика проведения лабораторных испытаний экспериментального образца пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки и даны результаты положительных ее испытаний.

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

### Введение

Лабораторные испытания пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки проведены в КазНАУ на кафедре «Водные ресурсы и мелиорация», общий вид которой показан на рисунке 1 [1]. Для этого был разработан специальный стенд (рисунок 2).

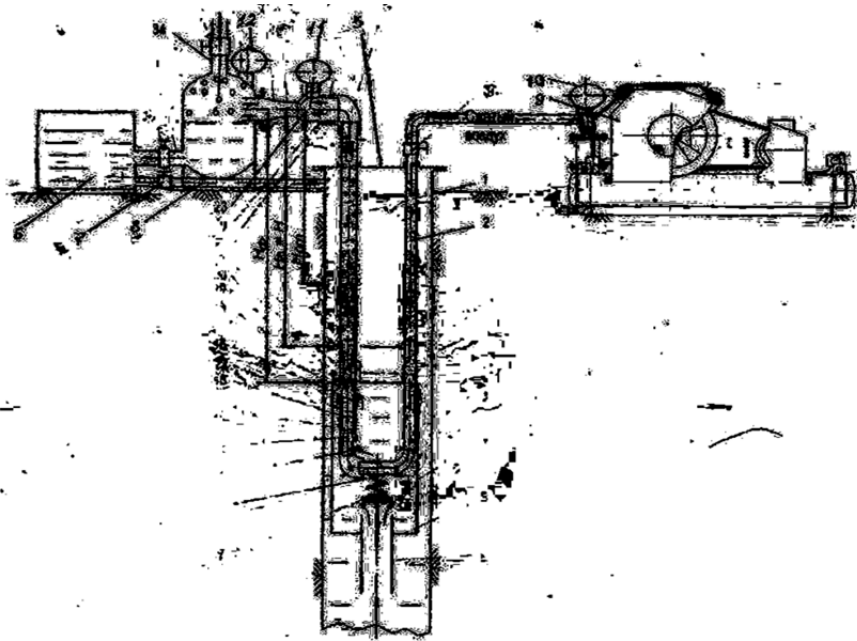
Цель лабораторных испытаний – определение основных параметров пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки.

Испытательный стенд для лабораторных испытаний пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки состоял: из стендовой скважины 1; насосной части 2, опущенной во внутрь скважины; эжектора 3 с приёмной водовоздушной ёмкостью 4; оголовка скважины 5, удерживающей насосную часть; измерительной отторированной ёмкости 6 с шаровым краном 7 и отводным рукавом 8; и компрессорно-силового агрегата 9.

Лабораторные испытания экспериментального образца пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки проведены для определения основных параметров насосной установки: подачи  $Q$ , потребного избыточного давления сжатого воздуха  $P_{СИ}$ , расхода сжатого воздуха (подачи компрессора по нагнетанию)  $W_{КН}$  или всасыванию  $W_{КО}$ ; удельного веса поднимаемой водо-воздушной смеси  $\gamma_{см}$ ; напоров: вакуумного  $H_{вак}$  и потенциального  $H_p$ , создаваемые сжатым воздухом через сопла в пневмонасосе и водоподъемной трубе; мощности затраченные: насосной системы  $N_{НС}$  и насосной установкой  $N_{НУ}$ ; КПД: насосной системы  $\eta_{НС}$  и насосной установки  $\eta_{НУ}$ .



Рисунок 1 - Общий вид экспериментального образца пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки УНП-3,6-50



1 - стендовая скважина; 2 – насосная часть; 3 – эжектор; 4 - приёмная водовоздушная ёмкость; 5 - оголовок скважины; 6 - измерительная отторированная ёмкость; 7 - шаровой кран; 8 - отводной рукав; 9 - компрессорно-силовой агрегат; 10,12 – образцовые манометры; 11 – вакуумметр;  $H_\phi$  – глубина погружения форсунки (пневмонасоса) насосной части;  $H$ ,  $H_d$  - высота водоподъёма и динамический уровень воды в скважине;  $H_{СТ}$  – статический уровень воды в скважине.

Рисунок 2 - Схема испытательного стенда для лабораторных испытаний пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки

### Материалы и методы

Для определения основных параметров пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки проводят следующие замеры и их последовательность.

Насосную часть пневмовакуумной насосной установки погружают во внутрь стендовой скважины, заполненной водопроводной водой до минимальной высоты водоподъёма (30 м), с помощью закреплённого троса к пневмонасосу и лебёдки с электрическим приводом, соединяя при монтаже секции водоподъёмных и воздухопроводных труб. Глубина погружения насосной части (пневмонасоса) принимается: 70 м, 50 м и 30 м. За тем выходную секцию водоподающего трубопровода соединяют с эжектором и крышкой скважины, а входную секцию воздухопроводной трубы – с воздухораспределительным тройником воздуховода ресивера компрессора. После стабилизации технологического процесса пневмовакуумной насосной установки при высотах водоподъёма 30 м, 50 м и 70 м, проводят следующие замеры в 3-кратной повторности: объем подаваемой воды из водовоздухоприёмной ёмкости насосной установки по рукаву в мерную тарированную ёмкость  $V_i$  и время замера по секундомеру  $t_i$ ; избыточное давление сжатого воздуха в ресивере компрессора  $P_{СИ}$  по показаниям образцового манометра; напоры: вакуумный  $H_{вак}$  и потенциальный  $H_p$ , создаваемые сжатым воздухом и водовоздушной смесью в эжекторе по показаниям вакуумметра и образцового манометра; потребляемая мощность насосной установкой  $N_{НУ}$

(компрессором) по показаниям ваттметра (контрольно-измерительного прибора); частоту вращения компрессора  $n_k$  по показаниям тахометра.

Обработка результатов испытаний по полученным замерам проводят по ниже приведенным формулам.

Подача насосной установки  $Q_{HV}$  определяется по формуле (1) и расход воздуха (подача компрессора) по нагнетанию  $W_{KH}$  или всасыванию  $W_{KO}$  по формуле (2):

$$Q_i = \frac{\sum_{i=1}^m V_i}{\sum_{i=1}^m t_i}, \quad (1)$$

где  $V_i$  - объем подаваемой воды в мерную емкость за опыт,  $\text{дм}^3$ ,  $t_i$  - время заполнения водой мерной емкости за опыт,  $m$  – количество опытов.

Расход воздуха (подача компрессора) по нагнетанию  $W_{KH}$  или всасыванию  $W_{KO}$  определяется по характеристике компрессора (по избыточному давлению сжатого воздуха в ресивере компрессора  $P_{CH}$ ) или определяют опытным путём – мерным способом исходя из времени заполнения имеющегося в компрессорно-силовом агрегате ресивера от начального давления (атмосферного) до конечного по манометру (не превышающего 0,98 МПа) и вычисляют по формуле:

$$W_{KO} = V_p / t_{zp} \cdot (P_{up} + P_a) / P_a, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2)$$

где  $V_p$  – объём ресивера компрессорно-силового агрегата,  $\text{м}^3$ ;  $t_{zp}$  – продолжительность времени заполнения ресивера до конечного избыточного давления  $P_{up}$ ;  $P_{up}$  – конечное избыточное давление в ресивере, Па;  $P_a$  – давление атмосферного воздуха, Па.

Потребляемая мощность насосной системы  $N_{HC}$  определяется по формуле:

$$N_{HC} = P_{CH} \cdot W_{KH}, \text{ Вт} \quad (3)$$

где  $P_{CH}$  - избыточное давление сжатого воздуха в ресивере компрессора, Па;  $W_{KH}$  - подача компрессора по нагнетанию,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Потребляемая мощность пневмовакuumной насосной установки  $N_{HV}$  определяется по формуле:

$$N_{HV} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m (U_a + U_{\epsilon} + U_c), \text{ Вт} \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент перевода показаний ваттметра, Вт/ед;  $m$  – количество опытов;  $U_a, U_{\epsilon}, U_c$  – фазовые показания ваттметра, ед.

КПД насосной системы  $\eta_{НС}$  и насосной установки  $\eta_{НУ}$  определяют по формулам:

$$\eta_{НС} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{НУ} \cdot H}{N_{НС}} \quad (5)$$

$$\eta_{НС} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{НУ} \cdot H}{N_{НУ}} \quad (6)$$

где  $\rho$  - плотность воды,  $\text{кг/м}^3$  ( $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ );  $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $Q_{НУ}$  – подача насосной установки,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $H$  - высота водоподъема, м;  $N_{НС}, N_{НУ}$  – потребляемая мощность насосной системы и насосной установки, Вт.

### Результаты исследований

В результате проведенных лабораторных испытаний пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки получены следующие основные параметры при высоте водоподъема  $H = 50$  м: подача  $Q = 3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ , потребное избыточное давление сжатого воздуха  $P_{СИ} = 450 \text{ кПа}$ , потребляемая мощность насосной установки  $N_B = 2,7 \text{ кВт}$  и общий КПД  $\eta_B = 0,17$ , которые соответствуют данным ТЗ:  $Q$  до  $3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $P_{СИ}$  до  $160...460 \text{ кПа}$ ,  $N_B$  до  $3,2 \text{ кВт}$  и  $\eta_B$  не менее  $0,15$ . По сравнению с базовым водоподъемником ВВЛ-3-50 новая пневмовакуумная (эрлифтная) насосная установка по основным показателям имеет выше подачу  $3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$  против  $3,38 \text{ м}^3/\text{ч}$  или в  $1,07$  раза, КПД  $0,17$  против  $0,13$  выше в  $1,15$  раза, рабочее и пусковое давление сжатого воздуха ( $450 \text{ кПа}$  и  $500 \text{ кПа}$ ) меньше, чем в базовом ( $513 \text{ кПа}$  и  $720 \text{ кПа}$ ) в  $1,14$  раза, потребляемая мощность ( $2,7 \text{ кВт}$ ) ниже на  $0,8 \text{ кВт}$ , чем у базового водоподъемника ( $3,5 \text{ кВт}$ ) в  $1,3$  раза.

Кроме того лабораторные испытания экспериментального образца пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки подтвердили уменьшение заглубления насосной части в  $1,7...2$  раза, снижая материалоемкость в  $1,5...2$  раза и улучшая энергетические показатели и качество поднимаемой воды методом аэрации и обеспечивая транспортирование воды потребителю.

### Выводы

1. Полученные результаты проведенных лабораторных испытаний экспериментального образца нового типа пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки УНП-3,6-50 показали, что использование нового типа пневмовакуумной насосной установки по сравнению с аналогом позволяет улучшить основные технологические параметры: подачу  $Q_B$  увеличить в  $1,07$  раза и общий КПД  $\eta_B$  увеличить в  $1,15$  раза.

2. На основании положительных результатов лабораторных испытаний можно сделать вывод, что предлагаемая пневмовакуумная (эрлифтная) насосная установка УНП-3,6-50 конкурентоспособна на внутреннем и внешнем рынках сбыта и может найти применение в Республике Казахстан и за рубежом.

### Литература

1. Разработка нового типа пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки для подъема воды из подземных водоисточников с использованием ресурсосберегающей технологии и повышающей качество поднимаемой воды: Отчёт о НИР (Заключительный)/ КазНАУ. № Гос. рег. 0112РК 00177. Руководитель А.А. Яковлев. - Алматы, 2016, -85 с.

**Қайпбаев Е.Т.**

**ПНЕВМОВАКУУМДЫ (ЭРЛИФТТІ) СОРҒЫ ҚОНДЫРҒЫСЫН  
ЗЕРТХАНАЛЫҚ СЫНАУ**

**Аңдатпа**

Мақалада пневмовакуумды (эрлифтті) сорғы қондырғысының тәжірибелік үлгісін зертханалық сынақтан өткізу әдісі қарастырылған және оның оң нәтижелі қорытындылары келтірілген.

**Кілт сөздер:** су берілісі, ПӨК, эрлифт, салыстырмалы салмақ, пневмовакуумды (эрлифтті) сорғы қондырғысы, эжектор, аэрация, су көтеру, сығымдалған ауа.

**Kaipbayev E.T.**

**LABORATORY TESTS OF THE PNEUMOVACUUM (AIR-LIFT) PUMPING  
INSTALLATION**

**Annotation**

The article considers the technique of conducting the laboratory tests of the experimental sample of the pneumovacuum (air-lift) pumping installation and also given the results of its positive tests.

**Keywords:** feed (supply), efficiency, air-lift, specific weight, pneumovacuum (air-lift) pumping installation, ejector, aeration, water lift, compressed air.

**UDC 631.452:636.08 (574.54)**

**Kenzhaliyeva A.B., Zubairov O.Z., Anuarbekov K.K., Aldiyarova A.E.**

*Kazakh National Agrarian University, Almaty*

**CHANGES IN FERTILITY OF MEADOW BOG SOILS WHEN WATERING WITH  
LIVESTOCK RUNOFF IN KYZYLORDA REGION**

**Abstract**

The article presents the results of a research of the fertility of meadow bog soils during irrigation by livestock runoff. Studies in the Kyzylorda region have shown that watering with livestock runoff mixed with river water led to some improvement in both potential and effective soil fertility.

**Key words:** soil, watering, fertility, livestock runoff, river water.

**Introduction**

Livestock runoff is a valuable organic fertilizer that can significantly improve soil fertility and crop yields. The content of organic matter in livestock runoff for biological oxygen consumption (BOD) is three times or more higher than that of domestic and industrial wastewater. They contain a significant amount of biogenic elements (nitrogen, phosphorus, potassium), useful microorganisms, trace elements and other chemical compounds. It is established that the scientifically-based introduction of livestock effluents increases the yield of agricultural crops, reduces the consumption of natural water, reduces the amount of applied mineral fertilizers.