

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 5, Number 35 (2016), 137 – 149

Zh. Zhakupova, A. Yakovlev, E. Sarkynov

Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan

**METHOD OF CALCULATION AND DETERMINATION
OF TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL PARAMETERS
OF PACKER HYDRAULIC DEVICE
WITH AN EJECTOR BY SUBMERSIBLE MOTOR**

Abstract. It was given the developed method of calculation to determine the technological and technical parameters of the packer hydraulics with an ejector to the submersible motor for technology pipeless water lifting from wells, the main criteria for which to calculate the accepted theoretical background obtained by theoretical investigations of the processes in the water lifting technologies and packer device: seal, fixing, protivoskruchivaniy and ejection.

Keywords: the methodology of calculation, the rationale, process variable, technical parameter, pipeless water lifting technology, hydraulic packer unit, ejector, submersible motor, section flowing process, underground water, wells, pumping stations, water supply, land reclamation.

УДК 631.3:631.672

Ж. З. Жакупова, А. А. Яковлев, Е. С. Саркынов

Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

**МЕТОДИКА РАСЧЁТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПАКЕРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С ЭЖЕКТОРОМ
К ПОГРУЖНЫМ ЭЛЕКТРОНАСОСАМ**

Аннотация. Дана разработанная методика расчёта по определению технологических и технических параметров пакерных гидравлических устройств с эжектором к погружным электронасосам для технологии беструбного водоподъема из скважин, основными критериями которых для расчёта приняты теоретические предпосылки, полученные при теоретических исследованиях протекающих процессов в технологии водоподъема и пакерном устройстве: уплотнении, фиксировании, противоскручивании и эжектировании.

Определены для системы водоснабжения и мелиорации технологические параметры насосной установки: подача – 10...40 м³/ч; необходимый напор – 55...150 м; потребная высота водоподъема – 50...130 м; потребляемая мощность – 2...27 кВт и КПД – 0,22...0,45 и технические параметры пакерных гидравлических устройств с эжектором: по уплотняющей части: ход обратного клапана, диаметры наружного и внутреннего уплотнительного кольца, высота и ширина уплотнительного кольца, минимальное избыточное давление для уплотнения кольца; по фиксирующему механизму: количество фиксирующих упоров, вертикальный угол наклона и длина фиксирующего упора, силы, необходимые для фиксирования упоров: заклинивания, нормального и гидродинамического давления; по противоскручивающему механизму: вертикальный угол α наклона двухплечего рычага и длина его тяги, сила нормального давления на прижимной ролик; силы на расклинивание пакерного устройства и на демонтаж пакера с погружным электронасосом; по эжектору: диаметр активного сопла и щелевое проходное сечение между активным соплом и смесительной камерой,

которые позволят разработать необходимые их типоразмеры для эффективного использования в системе водоснабжения и мелиорации Казахстана.

Ключевые слова: методика расчёта, обоснование, технологический параметр, технический параметр, технология беструбного водоподъема, пакерное гидравлическое устройство, эжектор, погружной электронасос, конструктивная схема, протекающий процесс, подземная вода, скважина, насосная установка, водоснабжение, мелиорация.

Введение. В настоящее время в Казахстане в системе общего водоснабжения и мелиорации с использованием подземных вод из сооружаемых скважин с применением для водозабора погружных электронасосов идёт тенденция применения прогрессивных технологий водоподъема, в том числе технологии беструбного водоподъема (по обсадным трубам скважин) с использованием пакерных устройств различных конструкций, устанавливаемых на нагнетательном патрубке насоса, разделяя в скважине всасывающую часть насоса от нагнетательной, позволяющих снижать металлоемкость в 2...3 раза и улучшать энергетические показатели насосных установок – повышение подачи и КПД в 1,2..1,3 раза, снижение эксплуатационных затрат на монтажно-демонтажные работы, повышение срока службы обсадных труб, исключение загрязнения воды и засорения скважин [1, 2].

Однако внедрение технологии беструбного водоподъема в водоснабжении и мелиорации сдерживается из-за отсутствия на рынке сбыта необходимых типоразмеров пакерных устройств к погружным электронасосам, в связи с недостаточностью проведённых методических исследований по данному направлению. Поэтому разработка методики расчёта и определение технологических и технических параметров пакерных гидравлических устройств с эжектором к погружным электронасосам для беструбной технологии водоподъема, является актуальной проблемой.

Однако исследования по данному направлению для системы водоснабжения и мелиорации не проводились.

Материалы и методы. В работе использованы теоретические, методические и расчётные методы исследования.

Авторами обоснована и разработана методика расчёта по определению технологических и технических параметров пакерных гидравлических устройств с эжектором к погружным электронасосам для технологии беструбного водоподъема из скважин в системе водоснабжения и мелиорации [1-5].

Результаты исследований и их обсуждение. Методическим основанием обоснования методики расчёта по определению технологических и технических параметров типоразмеров пакерных гидравлических устройств с эжектором к погружным электронасосам для технологии беструбного водоподъема из скважин являются теоретические предпосылки, полученные при теоретических исследованиях протекающих процессов в технологии водоподъема и пакерном устройстве: уплотнении, фиксировании, противоскручивании и эжектировании. Принципиальная технологическая схема пакерного гидравлического устройства с эжектором к погружному электронасосу для технологии беструбного водоподъема из скважин показана на рисунке.

Основные технологические параметры технологии беструбного водоподъема: подача насосной установки $Q_{н\psi}$, минимальное и максимальное значение диаметра пакерного устройства (диаметральный габарит) $D_{\Gamma min}$ и $D_{\Gamma max}$, внутренние диаметры отводного трубопровода $d_{тр}$ и проходного сечения пакерного гидравлического устройства d_o , потребный напор погружного электронасоса H_p , возможная высота водоподъема H , потребляемая мощность насосной установки $N_{н\psi}$ и КПД обосновываются и определяются на основании выполненных теоретических исследований.

Указанные технологические параметры зависят не только от характеристики погружного электронасоса, но и характеристики водоподъёмной сети: пакерного устройства с эжектором, обсадных труб и отводного трубопровода, критерием оценки которых являются потери в них напора $h_{оп}$, которые с учетом оптимизации технологических параметров должны быть приближены к минимуму $h_{оп} \rightarrow \min$.

Определение технологических параметров пакерного гидравлического устройства с эжектором:

Подача насосной установки $Q_{н\psi}$. При совместной работе пакерного гидравлического устройства с эжектором и погружного электронасоса определяется по приведённым формулам:

1 - погружной электронасос; 2 - эжектор; 3, 6 - крышки нижняя и верхняя; 4 - корпус; 5 - кольцо уплотнительное, нижнее и верхнее; 7, 9 - обратный и сбросной клапаны; 8 - упор фиксирующий; 10, 11 - тяга и ролик противоскручивающегося механизма; 12, 13 - узел подвески и трос; 14 - обсадные трубы скважины; 15 - оголовок скважины с отводным патрубком; 16 - отводной трубопровод;

H - высота водоподъема; H_p - напор насоса; Q, Q_{ny} - подача насоса и насосной установки; $d_0, D_{п}, D_{СК}, d_p$ - диаметр осевого проходного отверстия пакера, наружный диаметр пакера, внутренний диаметр скважины и диаметр обрезиненного ролика противоскручивающегося механизма; ℓ_y, ℓ_m - длины тяг фиксирующего упора и двухплечего рычага противоскручивающегося механизма; β, α - вертикальные углы наклона фиксирующих упоров и двухплечих рычагов противоскручивающегося механизма; T_3, T_N - силы заклинивания и нормального давления, действующие на фиксирующий упор; $T_p, T_{воз}$ - силы растяжения и возврата уплотнительного кольца пакера; $R_g, T_{отр}$ - силы гидродинамического давления, действующие на пакер, и отрыва при демонтаже пакерного устройства; $P_{п}$ - избыточное давление воды внутри уплотнительного кольца; γ - удельный вес поднимаемой воды в скважине; b_k, h_k, δ_k - ширина, высота и толщина уплотнительного кольца; S - ход обратного клапана; $m_{п}, m_H$ - масса пакера и погружного электронасоса.

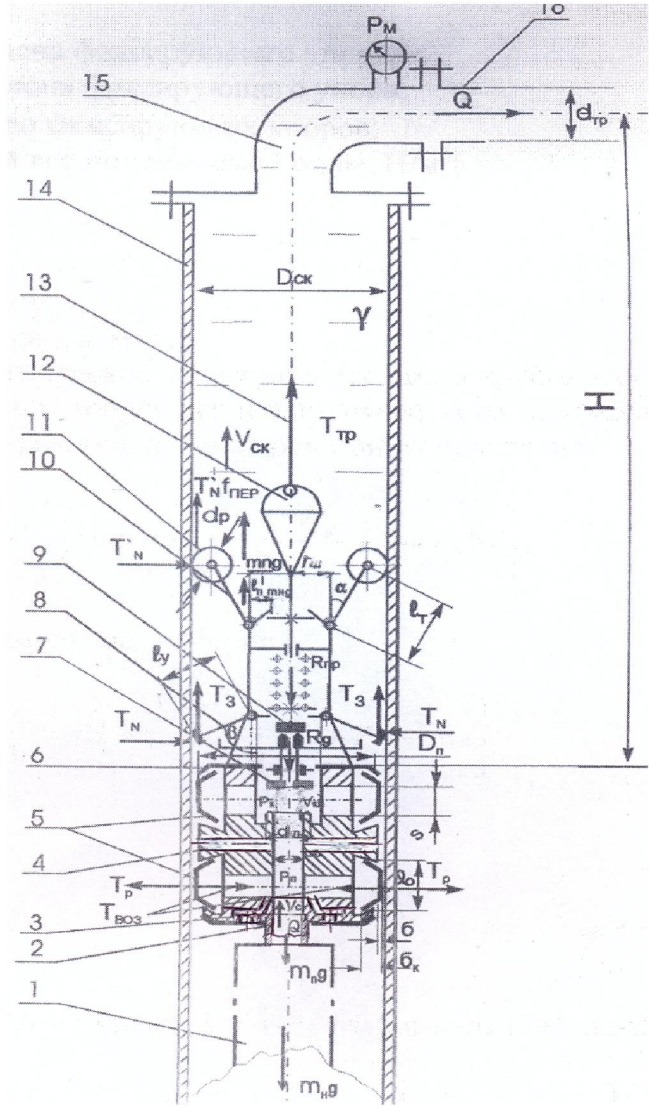


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема пакерного гидравлического устройства с эжектором к погружному электронасосу для технологии беструбного водоподъема из скважин

$$Q_{HY} = \frac{q_{сум}}{T_{HY} \cdot i_{HY}} \tag{1}$$

$$q_{сум} = \sum_{i=1}^n q_H \cdot Z \cdot \alpha, \tag{2}$$

$$q_{сум} = \frac{q_H \cdot F}{D_{HY} \cdot i_n} \tag{3}$$

При этом должно выдерживаться условие:

$$Q_H \cdot K = Q_{HY} \leq Q_{СК}, \tag{4}$$

где Q_{HY}, Q_H - подача насосной установки и подача погружного насоса по его характеристике, $m^3/ч$; K - увеличение подачи насосной установки за счёт эжектирования (по расчёту и опытным данным $K = 1,2-1,3$); $Q_{СК}$ - дебит скважины, $m^3/ч$; T_{HY} - продолжительность работы насосной установки в сутки, ч; i_{HY} - число насосных установок (скважин) одновременно работающих на суточное водопотребление потребителя, шт.; $q_{сум}$ - суточное водопотребление потребителя в системе пастбищного и общего водоснабжения (2) и в системе мелиорации (3), $m^3/сут$; q_H - единичные нормы

водопотребления в сутки (для животных, полива 1 м^2 площади открытых парниковых, 1 га орошаемых земельных участков и т.д.), м^3 ; Z – количество нормируемых величин (число животных, м^2 поливных участков, га орошаемых земельных площадей и т.д.); $\alpha = 1,09 \dots 1,15$ – коэффициент, учитывающий водопотребление на собственные нужды обслуживающего персонала [6]; F – площадь орошаемых земельных участков подземными водами, га; D_{HY} – число дней работы насосной установки между поливами, дн; i_n – число поливов сельскохозяйственных культур за сезон.

Диаметральный габарит пакера. Минимальное и максимальное значение диаметра пакера определяется по приведённым формулам:

$$D_{nmin} = (D_{скi} - S_i) - \delta, \quad (5)$$

$$D_{nmax} = D_{скi} + S_i, \quad (6)$$

где $D_{скi}$ – внутренний диаметр типоразмерного ряда обсадных труб скважин, используемых для водоснабжения и мелиорации, мм; S_i – отклонение от среднего диаметра типоразмера обсадных труб (по расчету $S_i = 3,3$ мм), мм; δ – минимальный зазор, обеспечивающих безопасность спуско-подъемных работ (по нашим проработкам $\delta = 4-6$ мм), мм.

Внутренние диаметры отводного трубопровода d_{mp} и диаметра проходного сечения d_0 пакерного гидравлического устройства с эжектором. Определяются по формулам:

$$d_{mp} = \sqrt{\frac{4Q_{HY}}{\pi \cdot v_{mp}}} \quad (7)$$

$$d_0 \geq \left[\frac{\zeta_n}{\lambda_{mp} \frac{H}{d_{mp}^5} - \lambda_{ск} \frac{H}{D_{ск}^5} + \zeta_n \frac{1}{d_n^4}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (8)$$

где d_{mp} – внутренний диаметр отводного трубопровода, м; Q_{HY} – подача насосной установки, $\text{м}^3/\text{с}$; v_{mp} – рекомендуемая скорость в напорном трубопроводе ($v_{mp} = 1,1$ м/с); $\lambda_{ск}, \lambda_{mp}$ – коэффициенты трения воды в обсадных трубах скважины и в отводном трубопроводе; ζ_n – коэффициент местных сопротивлений в пакере.

Потребный напор погружного электронасоса H_p и возможная высота водоподъема H . Напор погружного электронасоса H_p и возможная высота водоподъема H при оптимальных режимах работы насоса, при которых уравнение характеристики водоподъемной сети совпадает с характеристикой насоса, определяются по приведённым формулам:

$$H_p = H + \sum_{i=1}^n h_{\omega n}, \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n h_{\omega n} = \lambda_{ск} \cdot \frac{H}{D_{ск}} \cdot \frac{v_{ск}^2}{2g} + \zeta_n \cdot \frac{v_n^2}{2g} + (\lambda_{mp} \cdot \frac{l_{mp}}{d_{mp}} + \sum \zeta) \cdot \frac{v_{mp}^2}{2g}, \quad (10)$$

$$H = \frac{H_p - \frac{8Q_{HY}^2}{\pi^2 \cdot g} \left(\zeta_n \frac{1}{d_0^4} + \lambda_{mp} \frac{l_{mp}}{d_{mp}^5} + \sum \zeta \frac{1}{d_{mp}^4} \right)}{1 + \frac{8Q_{HY}^2}{\pi^2 \cdot g} \cdot \lambda_{ск} \frac{1}{D_{ск}^5}}, \quad (11)$$

где H_p, H – напор погружного электронасоса и высота водоподъема, м; $\sum_{i=1}^n h_{\omega n}$ – общие потери напора при беструбном водоподъеме, м; $\lambda_{ск}, \lambda_{mp}$ – коэффициенты трения воды в обсадных трубах скважины и в отводном трубопроводе; ζ_n – коэффициент местных сопротивлений в пакере; $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений в отводном трубопроводе; $D_{ск}, d_0, d_{тр}, d_n$ – внутренние диаметры обсадных труб скважины, осевого отверстия пакера, отводного (водоподъемного) трубопровода и нагнетательного патрубка насоса, м; l_{mp} – длина отводного трубопровода, м; Q_{HY} – подача насосной установки, определяется по формуле (1), $\text{м}^3/\text{с}$; Q_H – подача погружного электронасоса, принимается из его характеристики по принятым значениям H_p , $\text{м}^3/\text{с}$;

ζ_n – коэффициент местных сопротивлений в обратном клапане насоса; l_{mp_i} – длина суммарная водоподъемного и отводного трубопроводов, м.

По найденным значениям H строится характеристика насосной установки $H - Q_{HY}$.

Потребляемая мощность насосной установки. Определяется по формуле:

$$N_{HY} = \frac{\gamma Q_m H_p}{\eta_{HY}} = \frac{\gamma Q_{HY} H_p}{\eta_{HY} \eta_0} = \frac{\rho g Q_{HY} H_p}{\eta_{HY} \eta_0}, \quad (15)$$

где N_{HY} – потребляемая мощность, Вт; γ, ρ – удельный вес и плотность поднимаемой воды, Н/м³, кг/м³; Q_m, Q_{HY} – подача насосной установки теоретическая и фактическая, м³/с; H_p – напор, соответствующий Q , м; η_{HY} – КПД насосной установки; g – ускорение свободного падения, м/с²; $\eta_0 = \frac{Q_{HY}}{Q_m}$ – объемный КПД насосной установки.

КПД насосной установки. Определяется по формуле:

$$\eta_{HY} = \frac{N_n}{N_H} = \frac{\gamma Q_{HY} H}{N_H} = \frac{\gamma Q_{HY} H}{\gamma Q_H H_p} \cdot \eta_H \cdot \eta_0 = K \cdot \eta_H \cdot \eta_0 \cdot \eta_e, \quad (16)$$

где N_n – полезная мощность, Вт; η_H – КПД электропогружного насоса; $\eta_e = \frac{H}{H_p}$ – гидравлический КПД; $K = \frac{Q_{HY}}{Q_H}$ – коэффициент увеличения подачи насосной установки за счет эжектирования.

Определение технических параметров пакерного гидравлического устройства с эжектором к погружным электронасосам. К расчетным техническим параметрам пакерного гидравлического устройства с эжектором отнесены следующие (см. рисунок 1):

– по уплотняющей части: ход обратного клапана S ; диаметры наружного D_{KH} и внутреннего $D_{КВН}$ уплотнительного кольца; высота h_k , ширина b_k уплотнительного кольца; минимальное избыточное давление $P_{Иmin}$, необходимое для уплотнения кольца;

– по фиксирующему механизму: количество фиксирующих упоров i , вертикальный угол наклона фиксирующего упора β ; длина фиксирующего упора l_y ; силы, необходимые для фиксации упоров: заклинивания T_z и нормального давления T_N ; сила гидродинамического давления R_g ;

– по противоскручивающему механизму: вертикальный угол наклона двухплечего рычага; длина тяги двухплечего рычага l_T и плеча l_p ; сила нормального давления на прижимной ролик T_N ; силы на расклинивание пакерного устройства $T_{отр}$ и на демонтаж пакера с погружным электронасосом $T_{дм}$;

– по эжектору: диаметр активного сопла $d_{сэ}$ и щелевое проходное сечение между активным соплом и смесительной камерой $F_{щ}$.

Определение технических параметров по уплотняющей части:

– ход обратного клапана S определяется по формуле:

$$S = \frac{d_0^2}{2(d_{сн} + d_0)}, \quad (17)$$

где d_0 – диаметр осевого отверстия пакерного устройства определяется по формуле (8) или по упрощенной приведенной формуле, мм:

$$d_0 \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi[\vartheta_0]}}, \quad (18)$$

где Q – подача насоса, м³/с; $[\vartheta_0] = (12...16)$ м/с – допустимая скорость воды в отверстиях с обратными клапанами; $d_{кл}$ – наружный диаметр седла обратного клапана определяется, мм:

$$d_{кл} = d_0 + 2b_c, \quad (19)$$

где b_c – ширина полоски обратного клапана (по опытным и конструктивным данным $b_c = 4-5$ мм), мм;

– диаметры наружного $D_{КН}$ и внутреннего $D_{КВН}$ уплотнительного кольца определяются из условия равенства наружного диаметра кольца $D_{КН}$ минимальному наружному диаметру пакера $D_{пmin}$, а внутренний диаметр уплотнительного кольца $D_{КВН}$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned} D_{КН} &= D_{пmin}, \\ D_{КВН} &= D_{КН} - 2h_k, \end{aligned} \quad (20)$$

где $D_{КН}, D_{КВН}$ – диаметры уплотнительного кольца наружный и внутренний, мм; $D_{пmin}$ – минимальный наружный диаметр пакера соответствующего типоразмера, мм; h_k – высота кольца, мм; – высота h_k и ширина b_k уплотнительного кольца определяются по формулам:

$$h_k \geq \delta_3 + \delta_n \geq \frac{D_{max} - D_{min}}{2} + (D_{max} - D_{min}), \text{ мм} \quad (21)$$

или

$$h_k \geq \frac{3}{2} (D_{max} - D_{min}), \text{ мм} \quad (22)$$

где δ_3 – зазор между наружной поверхностью кольца и внутренней поверхностью обсадной трубы скважины, мм:

$$\delta_3 = \frac{D_{max} - D_{min}}{2}, \text{ мм} \quad (23)$$

δ_n – величина перекрытия кольца при её расширении, которая принимается равной допускаемому одностороннему её перемещению, мм:

$$\delta_n = D_{max} - D_{min}, \text{ мм} \quad (24)$$

где D_{max} – максимальный диаметр (рабочий) пакера при расширении уплотнительного кольца, мм;

$$b_k \geq \frac{E \cdot \frac{\Delta D}{D_n} \cdot (h_k - \delta_k) \cdot 2\delta_k}{\sum_{i=1}^n \zeta_i \cdot \frac{8Q_{HY}^2 \cdot \gamma}{\pi \cdot d_0^4 \cdot g} (D_{max} - \delta) - 0.89E \cdot \frac{\Delta D}{D_n} \cdot \delta'} \quad (25)$$

где δ_k – толщина уплотнительного кольца, принимается из условия:

$$\delta_k \geq \frac{1}{2} h_k, \quad (26)$$

$E = 80 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ – модуль упругости материала (кольцевой резины средней твёрдости) уплотнительного кольца [78]; ΔD – увеличение диаметра уплотнительного кольца пакера в рабочем положении, м (по опытным данным $\Delta D = 9 \cdot 10^{-3}$ м и $10 \cdot 10^{-3}$ м);

– минимальное избыточное давление внутри пакера, необходимое для уплотнения нижнего кольца определяется по формуле:

$$P_{пmin} = \gamma h \omega_{п} = \sum_{i=1}^n \zeta_i \cdot \frac{v_i^2}{2g} \cdot \gamma = \sum_{i=1}^n \zeta_i \cdot \frac{8Q_{HY}^2}{\pi^2 \cdot d_0^4 \cdot g} \cdot \gamma, \quad (27)$$

где $h \omega_{п}$ – потери напора в пакере в момент запуска погружного электронасоса, м; $\sum_{i=1}^n \zeta_i$ – сумма коэффициентов в местных сопротивлений воды внутри пакерного устройства, Па; v_i – скорость движения воды в проходных сечениях пакера, создающих местные потери, м/с; Q_{HY} – подача насосной установки, м³/с; d_0 – диаметр осевого отверстия пакера, м.

Избыточное статическое давление воды, действующее на верхнее уплотнительное кольцо пакера, определяется по формуле:

$$P_{ВК} = \gamma H + P_M, \quad (28)$$

где H – высота водоподъёма, м; P_M – манометрическое давление в отводном трубопроводе водоподъемной системы, Па.

Определение технических параметров по фиксирующему механизму:

– количество фиксирующих упоров i обосновывается по критерию экономичности, оптимальное значение которых будет при наименьшем их количестве и надёжности фиксирования;

– вертикальный угол наклона фиксирующего упора β определяется по формуле:

$$\beta = \arctg \frac{T_N i}{(m_n + m_H)g + Rg - T_T}, \quad (29)$$

или

$$\beta \geq \arctg \left(\frac{l}{f_{TP}} \right), \quad (30)$$

где f_{TP} – коэффициент трения стального фиксирующего упора о внутреннюю стенку стальной обсадной трубы, $f_{TP} = 0,12 \dots 0,18$ [38];

– длина фиксирующих упоров определяется по формуле, при которой соблюдается значение параметра угла β :

$$l_y = \frac{D_{CK} - r_{III}}{2 \sin \beta}, \quad (31)$$

где D_{CK} – внутренний диаметр обсадных труб скважин для расчётных типоразмеров пакерных устройств; r_{III} – радиус шарнира фиксирующего упора, принимается конструктивно, $r_{III} = 34$ мм и 57 мм; l_y – длина плеча фиксирующего упора, м; β – угол наклона фиксирующего упора; i – количество фиксирующих упоров; γ – удельный вес поднимаемой воды, Н/м^3 ; H – высота водоподъема, м;

– силы, действующие на фиксирующий упор пакерного устройства:

– сила заклинивания T_3 и сила нормального давления T_N по приведённым формулам, которые изменяются от минимального значения в начале фиксирования до максимального при технологическом процессе:

$$T_{3min} = \frac{(m_n + m_H) \cdot g}{i}, \quad (32)$$

$$T_{3max} = T_{3min} + \frac{Rg - T_T}{i}, \quad (33)$$

$$T_{Nmin} = \frac{(m_n + m_H) \cdot g}{i} \cdot \text{tg} \beta, \quad (34)$$

$$T_{Nmax} = T_{Nmin} + \frac{Rg - T_T}{i} \cdot \text{tg} \beta, \quad (35)$$

где T_3, T_N – силы заклинивания фиксирующих упоров и нормального давления, Н; m_{II}, m_H – масса пакерного устройства и насоса, кг; Rg – сила гидродинамического давления на фиксирующие упоры пакерного устройства, Н:

$$R_{gmax} = \frac{\pi D_{CK}^2}{4} \left[\gamma H + \frac{8Q^2}{\pi^2 g} \cdot \gamma \cdot \left(\frac{l}{d_{TP}^4} - \frac{l}{D_{CK}^4} \right) + P_M + \gamma h_\omega \right], \quad (36)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; v_{CK}, v_{TP} – скорости движения поднимаемой воды в скважине и отводном трубопроводе, м/с ; Q_{HY} – подача насосной установки, $\text{м}^3/\text{с}$; P_M – манометрическое давление в отводном трубопроводе, Па; h_ω – потери давления в гидравлической системе водоподъема определяются, м:

$$h_\omega = \sum_{i=1}^n \zeta \cdot \frac{v_C^2}{2g} + \frac{\lambda \cdot H}{D_{CK}} \cdot \frac{v_{CK}^2}{2g}, \quad (37)$$

где ζ и λ – коэффициенты местных сопротивлений в гидравлической системе водоподъема и трения в обсадных трубах скважины; v_C – скорость поднимаемой воды в водоподъемной системе, создающих местные сопротивления, м/с .

Полученные значения параметров проверяют на соблюдения условия:

$$T_N \cdot f_{TP} \geq T_3, \quad (38)$$

где f_{TP} – коэффициент трения стального фиксирующего упора о внутреннюю стенку стальной обсадной трубы, $f_{TP} = 0,12 \dots 0,18$ [4].

Определение технических параметров по противоскручивающему механизму:

– вертикальный угол наклона α двухплечего рычага противоскручивающегося механизма определяется по формуле:

$$\alpha = \arctg \frac{\frac{K_3 \cdot N}{D_{CK} \cdot f_{TP}^1 \cdot i_T \cdot 2\pi n} \left(\frac{D_{CK} - r_{III} - d_p}{2} \right)}{\left[\frac{g}{i_T} (m_n + m_H) - \frac{R_{PP}}{i_T} \right] \cdot l_n}, \quad (39)$$

где r_{III} – радиус двухплечего рычага принимается конструктивно исходя из величины диапазона внутреннего диаметра обсадных труб скважины D_{CK} , м ($r_{III} = 40 \cdot 10^{-3}$ м; $40 \cdot 10^{-3}$ м и $57 \cdot 10^{-3}$ м; $d_p = 35 \cdot 10^{-3}$ м); d_p – диаметр прижимного ролика, м; D_{CK} – внутренний диаметр обсадной трубы скважины расчётного типоразмера, м; $K_3 = 1,5 \dots 2$ – запас силы трения ролика о внутреннюю стенку обсадной трубы скважины; f_{TP}^1 – коэффициент трения ролика о внутреннюю стенку обсадной трубы скважины; $i_T = 3$ – число тяг двухплечих рычагов противоскручивающегося механизма; N – потребляемая мощность принятых погружных электронасосов, Вт; $n = 48,3 \text{ с}^{-1}$ – частота вращения электродвигателя погружного электронасоса; m_n, m_H – масса пакерного устройства и масса погружного электронасоса; R_{PP} – реактивная сила противоскручивания при запуске электродвигателя погружного электронасоса, Н; $f_{TP} = 0,8$ – коэффициент трения обремененного ролика по стальной трубе [4];

– длина тяги двухплечего рычага l_T и плеча l_n определяются по формуле:

$$l_T = \frac{\frac{D_{CK} - r_{III} - d_p}{2}}{\sin \alpha} \cdot l_n, \quad (40)$$

где l_T – длина тяги двухплечего рычага, м;

– силы нормального давления T_N^1 на прижимной ролик противоскручивающегося механизма определяются при динамическом и статическом процессах по формулам:

$$T_N^1 = \left[\frac{g}{i_T} (m_n + m_H) - \frac{R_{PP}}{i_T} \right] \cdot \frac{l_n}{\frac{D_{CK} - r_{III} - d_p}{2}} \cdot tg \alpha \quad (41)$$

$$T_N^1 \geq \frac{M_R}{D_{CK} \cdot f_{TP}^1 \cdot i_T} = \frac{K_3 \cdot N}{D_{CK} \cdot f_{TP}^1 \cdot i_T \cdot 2\pi n} \quad (42)$$

где m_n, m_H – масса пакерного устройства и масса погружного электронасоса, кг; R_{PP} – сила сжатия пружины привода фиксирующих упоров, Н; l_T – длина тяги двухплечего рычага противоскручивающегося механизма (определяется по формуле (40), м); α – угол наклона тяги прижимного ролика (определяется по формуле (39) или экспериментально; $l_n = 20 \cdot 10^{-3}$ м – малая длина двухплечего рычага, задаётся конструктивно; $K_3 = 1,5 \dots 2$ – запас силы трения ролика о внутреннюю стенку обсадной трубы скважины; N – потребляемая мощность принятых погружных электронасосов, Вт; $n = 48,3 \text{ с}^{-1}$ – частота вращения электродвигателя погружного электронасоса;

– силы на расклинивание пакерного устройства $T_{отр}$ и на демонтаж пакера с погружным электронасосом $T_{дм}$ определяются по формулам:

$$T_{отр} = P_{max} \cdot \frac{\pi D_{кл}^2}{4} + m_{mp} \cdot g \cdot H, \quad (43)$$

$$T_{дм} = T_{тр} + m_{тр} \cdot g \cdot H, \quad (44)$$

где P_{max} – максимальное давление, воспринимаемое пакером; $D_{кл}$ – наружный диаметр седла сбросного клапана (конструктивно); $T_{тр}$ – сила, действующая на трос при демонтаже пакерного устройства и погружного электронасоса, Н;

$$T_{тр} = (m_{II} + m_H + m_K) g \mp T_N^1 \cdot f_{неp} \cdot i_T, \quad (45)$$

где $f_{неp}$ – коэффициент трения перекачивания прижимного ролика по внутренней стенке скважины; m_K – масса электрического кабеля, кг; m_{mp} – масса 1 м длины троса расчётного диаметра, кг; H – максимальная высота водоподъема, м.

Полученные значения параметров проверяют на соблюдение условия:

$$T_N^1 \cdot f_{TP}^1 \cdot i_T \geq \frac{M_R}{D_{CK}}, \quad (46)$$

где M_R – реактивный момент, возникающий при запуске электродвигателя погружного электронасоса, Н·м; D_{CK} – внутренний диаметр обсадной трубы скважины расчётного типоразмера, м;

T_N^1 – сила нормального давления, действующая на прижимной ролик противоскручивающего механизма определяются при статическом протекающем процессе, Н; f_{TP}^1 – коэффициент трения ролика о внутреннюю стенку обсадной трубы скважины; $i_T=3$ – число тяг двухплечих рычагов противоскручивающегося механизма.

Определение технических параметров по эжектору:

– диаметр активного сопла $d_{cэ}$ эжектора определяется по формуле:

$$d_{cэ} = \sqrt{\frac{4Q_H}{\pi \cdot \mu_c \cdot \sqrt{2g \frac{P_H}{\gamma}}}} \quad (47)$$

где Q_H – подача погружного электронасоса, м³/с; μ_c – коэффициент расхода через отверстие сопла; P_H – избыточное давление в активном сопле для создания разрежения в щелевом сечении эжектора, Па; γ – удельный вес воды, Н/м³.

– щелевое проходное сечение $F_{щ}$ между активным и пассивным соплами определяется из условия равного объемного расхода через щелевое сечение и через сопло по формуле :

$$F_{щ} = \frac{v_{cэ}}{v_{щ}} \cdot \frac{\pi d_{cэ}^2}{4} \quad (48)$$

где $v_{щ}$, $v_{cэ}$ – скорости движения воды в щелевом сечении и в сопле эжектора, м/с.

Результаты обоснования по разработанной методике технологических параметров пакерных гидравлических устройств с эжектором к погружным электронасосам для технологии беструбного водоподъема из скважин:

Подача насосной установки. Основным критерием обоснования пределов подачи насосной установки является суточное водопотребление $q_{сут}$, которое с учетом норм потребности воды по виду потребителя и их количества (максимальная норма потребности на одну овцу – до 10 дм³/сут и допустимого содержания на одном водопойном пункте – до 2000 овец, норм полива земельных участков – до 2900 м³/га, количества орошаемой площади в крестьянском (фермерском) хозяйстве – от 7,5 до 30 га), в соответствии с формулой (2) и (3) были определены пределы $q_{сут} = 240...960$ м³/сут, в результате согласно формулы (1) пределы подач насосной установки для беструбной технологии водоподъема составили 10...40 м³/ч [4].

Подача $Q_{НУ}$ по дебиту скважин $Q_{СК}$ удовлетворяет на 30...15% их применения [5].

Подача погружного электронасоса определяется из условия (4) и составляет 8...33 м³/ч.

Наружный диаметр нового типа пакерного гидравлического устройства. Минимальное $D_{Пmin}$ (диаметральный габарит) и максимальное $D_{Пmax}$ (рабочее) его значения определяли по формулам (5) и (6):

– для скважин условного диаметра 168мм (6 дюймов) $D_{Пmin} = 143,5$ мм, $D_{Пmax} = 153,7$ мм;

– для скважин условного диаметра 219 мм (8 дюймов) $D_{Пmin} = 195$ мм, $D_{Пmax} = 205,7$ мм.

По диаметру скважин $D_{СК}$ проектируемая насосная установка для беструбного водоподъема удовлетворяет на 47,5...28,7% их применения.

Внутренний диаметр отводного трубопровода. Определяется по формуле (7), значение которого $d_{mp} = 90-115$ мм.

Внутренний диаметр проходного сечения пакерного гидравлического устройства d_0 . Определяется по формуле (8) или (18), значение которого $d_0 = 35$ мм и 50 мм.

Возможная высота водоподъема по беструбной технологии водоподъема Н. Определяется по формуле (11) или по динамическому уровню воды H_d в скважинах при условии $H=H_d$, значения которых $H = 50; 75; 100$ и 130 м.

Потребный напор погружного электронасоса N_p . Определяется по формуле (9), значения которых $N_p = 55; 80; 110$ и 150 м.

Потребляемая мощность $N_{НУ}$ и КПД $\eta_{НУ}$ насосной установки. Определяются по формулам: мощность $N_{НУ}$ по (15), а КПД $\eta_{НУ}$ по (16), значения которых составили: по мощности $N_{НУ} = 2; 4; 5; 6; 7; 11; 12,5; 15,5; 21; 27$ кВт и по КПД $\eta_{НУ} = 0,45-0,48$ с приводом от электропогружных насосов [8], соответствующих принятым типоразмерам по потребному напору:

– ЭЦВ 6 -10 -50, ЭЦВ 6 -10 -80, ЭЦВ 6 -10 -120, ЭЦВ 6 -10 -140 $N_{НУ}=2,2; 4; 5,5; 6,3$ кВт;

- ЭЦВ 6- 25-60, ЭЦВ 6-25-80, ЭЦВ 6-25-120 $N_{HY} = 6;7;11$ кВт;
- ЭЦВ 8-25-55, ЭЦВ 8-25-100, ЭЦВ 8-25-125, ЭЦВ 8-25-150 $N_{HY}=5;11;12,5;15,5$ кВт;
- ЭЦВ 8-40-60, ЭЦВ 8-40-90, ЭЦВ 8-40-120, ЭЦВ 8-40-150 $N_{HY}=11;15,5;21;27$ кВт;

Результаты обоснования по разработанной методике технических параметров пакерных гидравлических устройств с эжектором к погружным электронасосам для технологии бес-трубного водоподъема из скважин:

– **Параметры по уплотняющей части:**

Ход обратного клапана. Рабочий ход обратного клапана S определяется по формуле (17), вычисленное значение которого равно $S = 13,5$ и 15 мм.

Диаметры наружный D_{KH} и внутренний $D_{KВН}$ уплотнительного кольца. Диаметр наружный принимается равным минимальному диаметру типоразмера пакера, обоснованному выше: $D_{KH}=D_{imin}=145$ и 195 мм. Внутренний диаметр уплотнительного кольца определяется по формуле (20), который составил $D_{KВН}=115$ мм и 165 мм.

Высота h_k и ширина b_k кольца и толщина ее стенок δ_k . Высота кольца h_k определяется по формуле (21) или (22) с учётом формул (23) и (24), значение которых составили $h_k=13,5$ мм и 15 мм. Принимаем максимальное его значение, одинаковой для двух типоразмеров пакерных устройств $h_k=15$ мм. Ширина уплотнительного кольца b_k определяются по формуле (25) с учётом формулы (26), значение которых составили $b_k \geq 34 \cdot 10^{-3}$ м и $26 \cdot 10^{-3}$ м. Окончательно принимаем ширину уплотнительного кольца пакера $b_k=50$ мм. Толщину стенок δ_k определяем по формуле (26), значение которой составило $\delta_k=7,5$ мм.

Минимальное избыточное давление P_{imin} внутри пакера. Минимальное избыточное давление P_{imin} , необходимое для уплотнения нижнего кольца в момент запуска погружного электронасоса, определяется по формуле (27), численные значения которого составило $P_{imin} = 108$ кПа, это значение подтверждено экспериментально [4].

– **Параметры по фиксирующему механизму:**

Количество фиксирующих упоров. Для обоснования рассмотрено условие, в которых осуществляется фиксирование пакерного устройства с насосом. Фиксирование происходит внутри обсадной трубы скважины, т.е. в круглом кольцевом сечении.

Для зафиксирования пакера методом расклинивания, обеспечив его центрирование, необходимо 3 и более опорных точек ($i=3, 4 \dots n$). Однако по критерию экономичности оптимальным будет наименьшее количество, т.е. 3 фиксирующих упора. Принимаем число фиксирующих упоров в пакерном устройстве $i=3$.

Вертикальный угол наклона фиксирующих упоров β . Угол β определяется по формуле (29) или (30), численное значение которого составило $\beta \geq 83^\circ 10' \dots 79^\circ 78'$ ($1,451$ рад... $1,393$ рад), который при изменении внутреннего диаметра скважины должен увеличиваться или быть постоянным. При принятой эвольвентной контактирующей поверхности фиксирующего упора принятое значение угла β остаётся постоянным.

Длина фиксирующих упоров. Определяется по формуле (31), численные значения которых составили $l_y = 40 \dots 43$ мм и $42,8 \dots 46,1$ мм. Принимаем l_y следующих параметров: $40 \dots 45$ мм; $40 \dots 45$ мм.

Силы, действующие на фиксирующий упор пакерного устройства. Сила заклинивания T_3 пределяется по формуле (32) при минимальном значении и по формуле (33) при максимальном значении, а сила нормального давления T_N пределяется по формуле (34) при минимальном значении и по формуле (35) при максимальном значении, которые изменяются от минимального значения в начале фиксирования до максимального при технологическом процессе, числовые значения составили: $T_{3min}=0,42$ кН и $0,72$ кН; $T_{3max}=3,49$ кН и $8,62$ кН; $T_{Nmin} = (2,39 \dots 4,01)$ кН и $(4,08 \dots 6,84)$ кН; $T_{Nmax} = (19,63 \dots 33,22)$ кН; $(48,9 \dots 82,0)$ кН.

Значения полученных сил определены по следующим исходным параметрам:

- масса пакерного гидравлического устройства $m_n = 13$ и 18 кг;
- масса электропогружного насоса $m_H = 116$ и 202 кг;
- сила гидродинамического давления R_g определяется по формуле (36): $R_{gmax} = 27,8$ и $49,8$ кН;
- число фиксирующих упоров $i=3$;

– вертикальный угол наклона фиксирующих упоров $\beta=80^\circ-84^\circ$;
 – сила трения T_1 в уплотнении пакера, определяется по формуле (38): $T_{\text{тmax}} = 18,6$ и $26,1$ кН при избыточном давлении на пакер до 1500 кПа.

Полученные значения параметров проверяют на соблюдения условия (38):

$$T_N \cdot f_{\text{ТР}} \geq T_3,$$

где $T_{N\text{min}} \cdot f_{\text{ТР}} = (0,43 \dots 0,722)$ кН и $(0,734 \dots 1,231)$ кН $> T_{3\text{min}} = 0,42$ и $0,72$ кН;
 $T_{N\text{max}} \cdot f_{\text{ТР}} = (3,53 \dots 5,98)$ кН и $(8,80 \dots 14,76)$ кН $> T_{3\text{max}} = 3,49$ кН и $3,62$ кН.

По полученным данным условие (38) выполняется при всех значениях угла β , причем с увеличением угла β надежность фиксирования увеличивается. Коэффициент запаса силы трения составляет $1,02 \dots 1,7$. Для увеличения коэффициента запаса силы трения, увеличиваем коэффициент за счёт изготовления рифленой контактирующей поверхности фиксирующего упора. При этом коэффициент запаса силы трения при $f_{\text{ТР}} = 0,4 \dots 0,5$ [4] может увеличиться до $2,3 \dots 4,7$ без увеличения нагрузки механизма.

– **Параметры по противоскручивающемуся механизму:**

Количество двуплечих рычагов противоскручивающегося механизма. Принимается аналогично числу фиксирующих упоров, которое обосновано выше и составляет $i=3$.

Вертикальный угол α наклона двуплечего рычага противоскручивающегося механизма. Угол α определяется по формуле (39), численное значение которого составляет $\alpha = 21^\circ 35'$ и $24^\circ 44'$.

Длина тяги двуплечего рычага l_T и плечо l_n . Определяются по формуле (40), численные значения которых составляют: $l_T = 53,0 \cdot 10^{-3}$ м и $66,9 \cdot 10^{-3}$ м; $l_n = 20 \cdot 10^{-3}$ м (задается конструктивно). С целью унификации, длину тяги двуплечего рычага противоскручивающегося механизма принимаем по наименьшему его значению с округлением в большую сторону, равной $l_T = 60$ мм.

Диаметр опорного ролика d_p . Определяется конструктивно $d_p = 35$ мм.

Силы нормального давления T_N^1 на прижимной ролик. Определяются по формуле (42) при статическом процессе и по формуле (41) при динамическом процессе работы противоскручивающегося механизма, численные значения которых составили: при статическом процессе – $(120,5 \dots 124,5)$ Н; $(237,6 \dots 240,7)$ Н; при динамическом процессе – $(120 \dots 125,7)$ Н; $(235,6 \dots 242,9)$ Н.

Значения полученных нормальных сил давления T_N^1 на прижимной ролик определены по следующим исходным параметрам:

- масса пакерного гидравлического устройства $m_n = 13$ и 18 кг;
- масса электропогружного насоса $m_H = 116$ и 202 кг;
- реактивная сила при запуске погружного электронасоса $R_P = 210$ Н;
- число тяг двуплечих рычагов противоскручивающегося механизма $i=3$;
- вертикальный угол наклона двуплечего рычага противоскручивающегося механизма $\alpha = 21^\circ 35'$ и $24^\circ 44'$;

– потребляемая мощность принятых насосов (ЭЦВ 6-25-120 и ЭЦВ8-25-150) $N = 2800$ Вт; 8000 и $16\ 000$ Вт;

– частота вращения электродвигателя погружного электронасоса $n = 48,3$ с⁻¹ (или 2900 мин⁻¹);

– коэффициент трения обрезаемого ролика по стальной трубе $f_{\text{ТР}}^1 = 0,8$;

– запас силы трения ролика о внутреннюю стенку обсадной трубы скважины $K_3 = 1,5 \dots 2$.

Определение сил на расклинивание пакерного устройства $T_{\text{отр}}$ и на демонтаж пакерного устройства с погружным электронасосом $T_{\text{дм}}$. Сила на расклинивание пакерного устройства (отрыв сбросного клапана) определяется по формуле (81), а сила на демонтаж – по формуле (82), численные значения которых составляют: $T_{\text{отр}} = 0,75$ кН и $T_{\text{дм}} = (1,62 \dots 1,99)$ кН и $(2,52 \dots 2,89)$ кН.

Значения полученных сил $T_{\text{отр}}$ и $T_{\text{дм}}$ определены по следующим исходным параметрам:

– максимальное давление, воспринимаемое пакером $P_{\text{max}} = 1500$ кПа;

– наружный диаметр седла сбросного клапана $D_{\text{кл}} = 18 \cdot 10^{-3}$ (определяется конструктивно);

– масса 1 м длины троса диаметром 8,5 мм $m_{\text{тр}} = 0,25$ кг;

– максимальная высота водоподъема $H = 130$ м;

– масса пакерного гидравлического устройства $m_n = 13$ и 18 кг;

– масса электропогружного насоса $m_H = 116$ и 202 кг;

– сила, действующая на трос $T_{тр}$ при демонтаже пакерного устройства и погружного электронасоса, (определяется по формуле (55)), Н.

Полученные значения параметров противоскручивающегося механизма проверяем на соблюдение условия (46):

$$T_N^1 \cdot f_{TP}^1 \cdot i_T \geq \frac{M_R}{D_{СК}},$$

где $T_N^1 \cdot f_{TP}^1 \cdot i_T = (289,2 \dots 298,8) \text{Н}; (570,2 \dots 577,7) \text{Н} > \frac{M_R}{D_{СК}} = (179,4 \dots 172,2) \text{Н}; (265 \dots 257,3) \text{Н}$.

Из полученных данных условие (46) выполняется при всех значениях угла α и внутренних диаметров обсадных труб скважин.

Коэффициент запаса силы трения, предотвращающее проворачивание пакерного устройства с насосом при первоначальном запуске насоса, составляет для каждого типоразмера соответственно $K_3 = 1,61 \dots 1,73; 2,15 \dots 2,24$, т.е. в пределах принятого значения $K_3 = 1,5 \dots 2$.

– **Определение параметров эжектора:**

Диаметр активного сопла эжектора $d_{сэ}$. Определяется по формуле (47), численное значение которых составляет $d_{сэ} = 31,8 \text{мм}$ и $40,2 \text{мм}$, принято с округлением до целых чисел: $d_{сэ} = 32$ и 40мм .

Значения полученных диаметров активного сопла $d_{сэ}$ определены по следующим исходным параметрам:

- подача принятого типоразмера погружного электронасоса $Q_H = 25$ и $40 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- коэффициент расхода через отверстие сопла $\mu_c = 0,62$;
- избыточное давление в активном сопле для создания разряжения в щелевом сечении эжектора $P_{и} = 98,1 \text{ кПа}$;
- удельный вес поднимаемой воды из скважин $\gamma = 9806,6 \text{ Н/м}^3$.

Щелевое проходное сечение в эжекторе между активным соплом и смесительной камерой $F_{щ}$. Щелевое проходное сечение $F_{щ}$ определяется по формуле (48), численные значения которых составляют: $F_{щ} = 8 \text{ см}^2$ при $d_{сэ} = 32 \text{ мм}$ и $F_{щ} = 12,6 \text{ см}^2$ при $d_{сэ} = 40 \text{ мм}$.

Выводы:

1. На основании обоснованных методических основ разработана методика расчёта по определению технологических и технических параметров пакерных гидравлических устройств с эжектором к погружным электронасосам для технологии беструбного водоподъема из скважин, основными критериями которых для расчёта приняты теоретические предпосылки, полученные при теоретических исследованиях протекающих процессов в технологии водоподъема и пакерном устройстве: уплотнении, фиксировании, противоскручивании и эжективировании.

2. По разработанной методике расчёта определены для системы водоснабжения и мелиорации технологические параметры насосной установки: подача - $10 \dots 40 \text{ м}^3/\text{ч}$; необходимый напор - $55 \dots 150 \text{ м}$; потребная высота водоподъема - $50 \dots 130 \text{ м}$; потребляемая мощность - $2 \dots 27 \text{ кВт}$ и КПД - $0,22 \dots 0,45$ и технические параметры пакерных гидравлических устройств с эжектором, которые позволят разработать необходимые их типоразмеры для эффективного использования в системе водоснабжения и мелиорации Казахстана.

3. Обоснованные технологические и технические параметры типоразмерного ряда пакерных гидравлических устройств с эжектором апробированы на разработанных и испытанных опытных образцах с положительными результатами.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Яковлев А.А., Коньрбаев А.Р. Исследование технологического процесса подъема воды из скважин при совместной работе электропогружного насоса и пакерного гидравлического устройства. Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана: Журнал №5. – Алматы, 1998-с.108-115.

[2] Жакупова Ж.З., Яковлев А.А., Совершенствование технологии беструбного водоподъема для повышения эффективности использования подземных вод //Проблемы вододеления и пути улучшения качества трансграничных рек Казахстана: материалы межд. практ. конф. магистрантов, докторантов PhD и молодых ученых. Алматы: КазНАУ, 2012.- С.150-153.

[3] Жакупова Ж.З., Яковлев А.А., Саркынов Е. Теоретические предпосылки к обоснованию технологической схемы беструбного водоподъема подземных вод //Исследования, результаты: Приложение № 2.- Алматы, 2012, - С.69-75.

- [4] Жакупова Ж.З. Совершенствование технологии беструбного водоподъема для повышения эффективности использования подземных вод в мелиорации: Дис.магистра с-х. наук.-Алматы, 2013.-105 с.
- [5] Яковлев А.А. Пневмокамерные водоподъемники для пастбищного водоснабжения: Монография/ А.А. Яковлев. – Алматы: Изд. «Айтумар», 2015. – 245 с.
- [6] Тажибаев Л.Е. Основы водоснабжения и обводнения сельскохозяйственных районов Казахстана. – Алма-ата: Кайнар, 1969. – 304 с.
- [7] Каплан Р.М., Яковлев А.А. Механизация водоснабжения на пастбищах.- Алма-Ата: Кайнар, 1986.-184 с.
- [8] ГОСТ 104 28-71. Насосы центробежные скважинные для воды с погружным электродвигателем. – М.: Стандартов, 1974. - 34 с.

REFERENCES

- [1] Jakovlev A.A., Konyrbaev A.R. Issledovanie tehnologicheskogo processa pod#ema vody iz skvazhin pri sovmestnoj rabote jelektropogruzhnogo nasosa i pakernogo gidravlicheskogo ustrojstva. Vestnik sel'skhozajstvennoj nauki Kazahstana: Zhurnal №5. – Almaty, 1998-s.108-115.
- [2] Zhakupova Zh.Z., Jakovlev A.A., Sovershenstvovanie tehnologii bestrubnogo vodopod#ema dlja povysheniya jeffektivnosti ispol'zovaniya podzemnyh vod // Problemy vododeleniya i puti uluchsheniya kachestva transgranichnyh rek Kazahstana: materialy mezhd. prakt. konf.magistrantov, doktorantov Rhd i molodyh uchenyh. Almaty: KazNAU, 2012.- S.150-153.
- [3] Zhakupova Zh.Z., Jakovlev A.A., Sarkynov E. Teoreticheskie predposylki k obosnovaniyu tehnologicheskoy shemy bestrubnogo vodopod#ema podzemnyh vod//Issledovaniya, rezultaty: Prilozhenie № 2.- Almaty, 2012, - S.69-75.
- [4] Zhakupova Zh.Z. Sovershenstvovanie tehnologii bestrubnogo vodopod#ema dlja povysheniya jeffektivnosti ispol'zovaniya podzemnyh vod v melioracii: Dis.magistra s-h. nauk.-Almaty, 2013.-105 s.
- [5] Jakovlev A.A. Pnevmo kamernye vodopod#jomniki dlja pastbishnogo vodosnabzheniya: Monografija/ A.A. Jakovlev. – Almaty: Izd. «Ajtumar», 2015. – 245 s.
- [6] Tazhibayev L.E. Osnovy vodosnabzheniya i obvodneniya sel'skhozajstvennyh rajonov Kazahstana. -Alma-ata: Kajnar, 1969.-304 s.
- [7] Kaplan R.M., Jakovlev A.A. Mehanizacija vodosnabzheniya na pastbishhah.- Alma-Ata: Kajnar, 1986.-184 s.
- [8] GOST 104 28-71. Nasosy centrobezhnnye skvazhinnye dlja vody s pogruzhnym jelektrodvigatелем. - M.: Standartov, 1974. - 34 s.

Жакупова Ж.З., Яковлев А.А., Саркынов Е.С.

Қазақ Ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан

БАТЫРМАЛЫ ЭЛЕКТРОСОРҒЫНЫҢ ЭЖЕКТОРЫ БАР ПАКЕРЛІ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫСЫН ЕСЕПТЕУ МЕТОДИКАСЫ МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ

Аннотация. Батырмалы электросорғының эжекторы бар пакерлі гидравликалық құрылғысын есептеу методикасы мен технологиялық және техникалық параметрлерін анықтауда ұңғымалардан құбырсыз су көтеру технологиясы бойынша жасалған методикасы берілген.

Сорғы қондырғысын сумен жабдықтау жүйесі және мелиорация үшін технологиялық параметрлері анықталған: Қазақстандағы су жабдықтау және мелиорация жүйесінде қолдану үшін қажетті түр өлшемдерін өндіруге мүмкіндік беретін: беруі – 10...40 м³/с; қажетті қысымы – 55...150 м; су көтеру қажетті биіктігі – 50...130 м; электр энергиясын тұтыну – 2...27 кВт және ПӘК – 0,22...0,45 және эжекторы бар пакерлі гидравликалық құрылғылардың техникалық параметрлері: жапсырма бөліші бойынша: кері клапанның жүрісі, мөрлі жүзіктің ішкі және сыртқы диаметрі, жүзікті бекітетін ең төменгі артық қысымы; бекіту механизмі бойынша, бекіту тірегінің саны, еңкейінкінің тік бұрышы мен бекіту тірегінің ұзындығы, тіректерді бекітуге қажетті күштер: сыналану, қалыпты және гидродинамикалық қысымның; қарсы бұрау механизмі бойынша; екі иықты тетік еңкейінкінің α тік бұрышы мен оның тартылысының ұзындығы, қалыпты қысымның қыспа аунақшасына күші, пакерлі құрылғының айырылуына және бататын электросорғысы бар пакердің бөлшектеу күші; эжектор бойынша: белсенді сопл мен араластырғыш камера арасындағы белсенді сопл және саңылау өту қимасының диаметрі.

Түйін сөздер: есептеу методикасы, негіздеме, технологиялық параметр, техникалық параметр, құбырсыз су көтеру технологиясы, пакерлі гидравликалық құрылғы, эжектор, батырмалы электронасос, конструктивті сұлба, ағынша процесі, жерасты суы, ұңғыма, сорғы құрылғысы, сумен жабдықтау, мелиорация.