

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**



**Западно-Казахстанский аграрно-технический  
университет имени Жангир хана**

**Ж.К. Кубашева**

**ТЕХНОЛОГИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА  
ИЗ ПАСТБИЩНЫХ КОЛОДЦЕВ-КОПАНЕЙ**

**МОНОГРАФИЯ**

Уральск  
2022

**УДК 636.084.3:628.112.1**  
**ББК 40.715**  
**К 88**

**НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ**

**Рекомендовано к печати Ученым Советом Западно-Казахстанского  
аграрно-технического университета имени Жангир хана  
(протокол № 9 от 25.03. 2022 г.)**

**Рецензенты:** **Павлов И.М.**, доктор техн. наук, профессор Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина  
**Сарсенов А.Е.**, доктор PhD, доцент НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»

**Кубашева Ж.К.**  
**К 88 Технология водоснабжения животноводства из пастбищных колодцев-копаней/Ж.К.Кубашева.** – Уральск: ЗКАТУ имени Жангир хана, 2022. - 105 с.

**ISBN 978-601-319-326-7**

В монографии на основе анализа состояния средств механизации пастбищного водоснабжения составлена классификация устройств двухстадийного отбора воды, разработана технологическая схема пастбищного водопойного пункта на базе колодца-копая и произведен режимный расчет с учетом гидравлических параметров колодца и поголовья животных, предложена конструктивно-технологическая схема устройства для поверхностного отбора воды из пастбищных колодцев-копаней и заиленных шахтных колодцев, обоснованы основные конструктивные и режимные параметры устройства поверхностного отбора воды, обеспечивающие повышение эффективности водоснабжения животных на пастбищах и установлена зависимость водопропускной способности устройства от массы съемных пластин, приведены результаты исследований созданного устройства для поверхностного отбора воды.

Монография предназначена для студентов, магистрантов и докторантов технических специальностей, а также для научных сотрудников, преподавателей и специалистов сельского хозяйства.

**УДК 636.084.3:628.112.1**  
**ББК 40.715**

**ISBN 978-601-319-326-7**

© Кубашева Ж.К., 2022  
© НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|           |                                                                                                                             |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|           | НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ .....                                                                                                    | 5  |
|           | ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ .....                                                                                 | 6  |
|           | <b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....                                                                                                       | 10 |
| <b>1.</b> | <b>СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА</b> .....                                                                                              | 12 |
| 1.1       | Качество воды и сравнительная оценка водоисточников, используемых на пастбищах .....                                        | 12 |
| 1.2       | Особенности водоснабжения из колодцев-копаней и классификация устройств двухстадийного отбора воды .....                    | 21 |
| 1.3       | Анализ исследований рабочих процессов устройств двухстадийного отбора воды .....                                            | 24 |
|           | Выводы по 1 разделу .....                                                                                                   | 31 |
| <b>2.</b> | <b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....                                                                                     | 33 |
| 2.1       | Анализ технологий водоснабжения животноводства на основе использования пастбищных колодцев-копаней .....                    | 33 |
| 2.2       | Теоретические исследования работы пастбищного водопойного пункта на базе колодцев-копаней .....                             | 34 |
| 2.2.1     | Теоретические предпосылки к исследованию работы водопойного пункта на базе колодца-копая с большим дебитом .....            | 34 |
| 2.2.2     | Теоретические предпосылки к исследованию работы водопойного пункта на базе колодца-копая с малым дебитом .....              | 40 |
| 2.3       | Обоснование конструктивно – технологической схемы устройства для поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой ..... | 46 |
| 2.4       | Математическое моделирование устройства для поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой .....                      | 51 |
|           | Выводы по 2 разделу .....                                                                                                   | 58 |
| <b>3.</b> | <b>ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....                                                            | 59 |
| 3.1       | Программа экспериментальных исследований .....                                                                              | 59 |
| 3.2       | Описание экспериментальной установки с измерительно-регистрирующим комплексом .....                                         | 60 |
| 3.2.1     | Стенд для определения коэффициента расхода воды устройства поверхностного отбора с гофрированной оболочкой .....            | 60 |
| 3.2.2     | Описание измерительно-регистрирующих комплексов .....                                                                       | 63 |
| 3.3       | Методика экспериментальных исследований .....                                                                               | 64 |
| 3.4       | Выбор критерий оптимизации процесса поверхностного отбора воды УПО .....                                                    | 66 |
| 3.5       | Выбор факторов и уровней их варьирования .....                                                                              | 66 |
| 3.5.1     | Априорное ранжирование факторов .....                                                                                       | 68 |

|           |                                                                                                                                               |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.6       | Крутое восхождение по поверхности отклика .....                                                                                               | 70        |
| 3.7       | Методика испытаний устройства поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой и поточной линии УПО-НСА в производственных условиях ..... | 74        |
| <b>4.</b> | <b>РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ОТБОРА ВОДЫ .....</b>                           | <b>77</b> |
| 4.1       | Результаты лабораторных исследований устройства для поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой .....                                | 77        |
| 4.2       | Результаты многофакторных исследований о влиянии конструктивно-режимных параметров на водопрпускную способность устройства .....              | 80        |
| 4.3       | Производственные испытания водоотборного устройства .....                                                                                     | 85        |
| 4.4       | Показатели технико-экономической эффективности предлагаемого устройства с гофрированной оболочкой .....                                       | 91        |
|           | Выводы по 4 разделу .....                                                                                                                     | 93        |
|           | <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>                                                                                                                       | <b>95</b> |
|           | <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>                                                                                                 | <b>97</b> |

## **НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В работе использованы ссылки на следующие стандарты:

Санитарно-эпидемиологические правила и нормы «Санитарно-эпидемиологические требования к нецентрализованному хозяйственно-питьевому водоснабжению. Приказ и.о. министра здравоохранения Республики Казахстан от 13 мая 2005 года № 229

Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологически требования к водоисточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов», приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 16.03.2015 г. №10774. --98

ГОСТ 10667-90 – Стекло органическое листовое. Технические требования

Труба 2,5-250 ПВХ МРТУ 2,5 № 0,5-917-63

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В работе применены следующие термины с соответствующими определениями

Копань – водоисточник (яма, ров, колодец), выкапываемый для сбора дождевых и грунтовых вод;

АПК – агропромышленный комплекс;

ВТО – Всемирная торговая организация;

СНГ – содружество независимых государств;

УПО – НСА – устройство поверхностного отбора воды–насосно-силовой агрегат;

Предпатент – предварительный патент;

ЗКО – Западно-Казахстанская область;

РК – Республика Казахстан;

БГКП – бактерии группы кишечной палочки;

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

СХИ – сельскохозяйственный институт;

НСА –насосно-силовой агрегат;

ТСХУ – Туркменский сельскохозяйственный университет;

КК– колодец копань;

УПО– устройство поверхностного отбора воды;

ВТ – водоотводящая труба;

Н– накопитель воды;

СТР– самотечная труба;

ВК – водопойное корыто;

ЭВМ– электронно-вычислительная машина;

$Q_{кк}$  - дебит колодца-копани,  $м^3/с$ ;

$Q_v$  - водоотдающая способность водоисточника,  $м^3/с$ ;

$Q_{упо}$  - водопропускная способность устройства поверхностного отбора воды,  $м^3/с$ ;

$Q_{нса}$  - подача насосно-силового агрегата,  $м^3/с$ ;

$Q_{вт}$  - водопропускная способность водоотводящей трубы,  $м^3/с$ ;

$Q_{вк}$  - расход воды из водопойных корыт,  $м^3/с$ ;

$Q_n$  - расход воды из накопителя,  $м^3/с$ ;

$Q_{стр}$  - расход воды в самотечной трубе,  $м^3/с$ ;

$H_k$  - геометрический напор на пороге водопропускного канала, м;

$\mu_k$  - коэффициент расхода водопропускных каналов водоотборного устройства;

$V_{пол}$  - полезный объем воды в колодце копане,  $м^3$ ;

$T_{по}$  - продолжительность поения одной отары, ч;

$g_{в.т}$  - рекомендуемая скорость движения воды в водоотводящей трубе, м/с;

$V_{сут}$  - среднесуточный объем воды потребляемый отарой, м<sup>3</sup>;  
 $q_{жс}$  - среднесуточная норма водопотребления  $i$ -го вида животного, л;  
 $N_{жс}$  - поголовье  $i$ -го вида животных в отаре, гол;  
 $f_n$  - фронт поения одного  $i$ -го вида животного, м;  
 $t_{жс}$  - продолжительность поения одного  $i$ -го вида животного, с;  
 $q_{ин}$  - средняя интенсивность поения  $i$ -го вида животных, л/с;  
 $N_n$  - поголовье  $i$ -го вида животных допускаемых к водопойным корытам для одновременного поения, гол;  
 $T_{осут}$  - необходимое время для поения одной отары в сутки, ч;  
 $t_{жсут}$  - необходимое время для поения одного животного в сутки, ч;  
 $T_{техн}$  - время затрачиваемое на технологические перерывы водопойного пункта, ч;  
 $T_{сут}$  - продолжительность работы водопойного пункта, ч;  
 $T_б$  - время бездействия водопойного пункта, ч;  
 $V_{сутj}$  - среднесуточное водопотребление отары  $j$  – ой половозрастной группы, м<sup>3</sup>;  
 $V_{кз}$  - объем воды поступающей в колодец-копань за время одного водозабора, м<sup>3</sup>;  
 $\mu_{стр}$  - коэффициент расхода при истечении воды через трубопровод;  
 $\omega_{стр}$  - площадь живого сечения потока воды в трубопроводе, м<sup>2</sup>;  
 $d_{стр}$  - внутренний диаметр самотечной трубы, м;  
 $H_n$  - напор воды в накопителе, м;  
 $Q_{стр}$  - рекомендуемая скорость движения воды в самотечной трубе, м/с;  
 $F_{упо}$  - суммарная сила Архимеда, Н;  
 $G_{упо}$  - суммарная сила тяжести устройства поверхностного отбора воды, Н;  
 $F_n$  - выталкивающая сила Архимеда поплавка, Н;  
 $F_{вр}$  - выталкивающая сила Архимеда водоприемного резервуара, Н;  
 $F_{вт}$  - выталкивающая сила Архимеда водозаборной трубы, Н;  
 $\rho_в$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $k_n$  - коэффициент, характеризующий степень погружения поплавка в воду;  
 $h_n$  - высота поплавка, м;  
 $D_n$  - наружный диаметр поплавка, м;  
 $d_n$  - внутренний диаметр поплавка, м;  
 $h_k$  - высота водопропускного канала, м;  
 $n_c$  - количество сегментообразных участков на металлические пластины;  
 $\beta_n$  - центральный угол сегментообразного участка, град;  
 $n_{об}$  - общее количество металлических и резиновых оболочек, шт;  
 $h_{об}$  - высота кольцевых оболочек, м;  
 $R_1$  - внешний радиус большего основания кольцевой оболочки, м;  
 $R_2$  - внутренний радиус большего основания кольцевой оболочки, м;  
 $r_1$  - внешний радиус малого основания кольцевой оболочки, м;

$r_2$  - внутренний радиус малого основания кольцевой оболочки, м;  
 $k_{\text{вм}}$  - коэффициент, характеризующий степень погружения водозаборной трубы в воду;  
 $h_{\text{вм}}$  - высота водозаборной трубы, м;  
 $D_{\text{вм}}$  - наружный диаметр водозаборной трубы, м;  
 $d_{\text{вм}}$  - внутренний диаметр водозаборной трубы, м;  
 $n_{\text{отв}}$  - количество отверстий в водозаборной трубе, шт;  
 $h_{\text{отв}}$  - высота отверстия водозаборной трубы, м;  
 $\alpha_{\text{отв}}$  - центральный угол отверстия водозаборной трубы, град;  
 $h_z$  - высота зуба водозаборной трубы, м;  
 $n_z$  - количество зубьев водозаборной трубы, шт;  
 $\delta_d$  - толщина днища водозаборной трубы, м;  
 $G_n$  - сила тяжести поплавка, Н;  
 $G_{\text{вр}}$  - сила тяжести водоприемного резервуара, Н;  
 $G_{\text{вм}}$  - сила тяжести водозаборной трубы, Н;  
 $\gamma_n$  - удельный вес материала, из которого изготовлен поплавок, Н/м<sup>3</sup>;  
 $\gamma_m$  - удельный вес металлической кольцевой оболочки, Н/м<sup>3</sup>;  
 $n_m$  - количество металлических кольцевых оболочек, шт;  
 $\gamma_p$  - удельный вес резиновой кольцевой оболочки, Н/м<sup>3</sup>;  
 $n_p$  - количество резиновых кольцевых оболочек, шт;  
 $\gamma_{\text{вм}}$  - удельный вес материала, из которого изготовлена водоотборная труба, Н/м<sup>3</sup>;  
 $n_k$  - количество водопропускных каналов, шт;  
 $b_k$  - ширина водопропускного канала, м;  
 $\beta_k$  - центральный угол водопропускного канала, град;  
 $Q_{\text{отв}}$  - суммарная водопропускная способность отверстий водозаборной трубы, м<sup>3</sup>/с;  
 $S_{\text{отв}}$  - площадь отверстия водозаборной трубы, м<sup>2</sup>;  
 $r_{\text{вм}}$  - внутренний радиус водозаборной трубы, м;  
 $g_{\text{отв}}$  - скорость перетекания воды из водоприемного резервуара в водозаборную трубу, м/с;  
 $P_{\text{изб}}$  - сила избыточного давления, Н;  
 $\gamma_v$  - удельный вес воды, Н/м<sup>3</sup>;  
 $m$  - масса частицы воды, кг;  
 $g_A$  - скорость частицы воды в точке А, м/с;  
 $g_O$  - скорость частицы воды в точке О, м/с;  
 $A$  - работа силы на участке ОА, Дж;  
 $\ell$  - расстояние ОА, м;  
 $V_v$  - объем воды на участке  $\ell$ , м<sup>3</sup>;  
 $\varphi$  - коэффициент скорости;  
 $V_u$  - объем воды, поступающей в водоотборное устройство из резервуара, м<sup>3</sup>;

$t_u$  - время вытекания воды из резервуара, ч;  
 $S$  – сумма квадратов отклонений;  
 $m$  – число опрашиваемых специалистов;  
 $n$  – число факторов;  
 $a_{ij}$  – ранг (порядковый номер при опросе)  $i$ -го фактора у  $j$ -го специалиста;  
 $L$  – среднее значение сумм рангов по каждому фактору;  
 $X_i^e$  – значение фактора на верхнем уровне;  
 $X_i^n$  – значение фактора на нижнем уровне;  
 $X_i, X_j$  – независимые переменные (факторы);  
 $b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij}$  – теоретические коэффициенты регрессии;  
 $\overline{Y_u}$  – среднее значение критерия оптимизации в  $u$ -м опыте при  $k$  повторностях;  
 $N$  – количество опытов (число строк в матрице эксперимента);  
 $S_{LF}^2$  – дисперсия неадекватности математической модели;  
 $S_y^2$  – дисперсия ошибки опыта;  
 $Y_{iu}$  – значение критерия оптимизации в параллельных опытах;  
 $\tau_i$  – часовая тарифная ставка оплаты труда моториста по  $i$ -му разряду с учетом надбавок, тг/ч;  
 $A_{\text{ч}}$  – количество обслуживающего персонала, чел;  
 $T_{\phi}$  – фактическая годовая загрузка, ч;  
 $W_{\text{г}}$  – годовая выработка, м<sup>3</sup>;  
 $Q_{\text{см}}$  – подача водоподъемника за час сменного времени, м<sup>3</sup>/с;  
 $B$  – балансовая цена устройства поверхностного отбора воды, тг;  
 $a$  – норма отчисления на реновацию;  
 $R$  – норма отчисления на ремонт и техническое обслуживание;  
 $q$  – удельный расход электроэнергии, кВт·ч /м<sup>3</sup>;  
 $C$  – цена 1кВт·ч электроэнергии, тг.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных приоритетов развития и диверсификации экономики Республики Казахстан является создание надежной продовольственной базы на основе индустриализации агропромышленного комплекса (АПК). Известно, что устойчивость аграрного производства – основа продовольственной безопасности и социальной стабильности в стране. АПК должен работать в условиях открытых продовольственных рынков. Поэтому, на первый план выдвигается обеспечение устойчивости агропромышленного производства на основе роста его конкурентоспособности. Важнейшим критерием конкурентоспособности является рост доходов от отраслей АПК, обусловленный, прежде всего ростом показателей производительности и эффективности производства. Национальный проект по развитию АПК Республики Казахстан на 2021 – 2025 годы обозначил создание конкурентоспособного АПК путем повышения производительности труда в два с половиной раза, увеличения экспорта продукции АПК в два раза и обеспечение социально значимыми продовольственными товарами отечественного производства [1].

Известно, что АПК является одним из крупных и важных секторов экономики страны. Его основу составляют сельское хозяйство, включая животноводство и перерабатывающая промышленность.

Отрасль животноводства является традиционной для Казахстана и всегда считалась одним из главных направлений в аграрном секторе Казахстана, являясь неотъемлемым элементом стратегической продовольственной безопасности государства, обеспечивая занятость и получение доходов населения. Поэтому необходимо уделять должное внимание качественному развитию сельского хозяйства, в частности развитию животноводства и повышению его эффективности [2]. Сейчас в животноводстве республики наблюдается тенденция устойчивого роста поголовья скота и птицы. Современное состояние отрасли животноводства характеризуется мелкотоварным производством с примитивной и устаревшей технологией производства продукции и изношенной техникой.

Казахстан обладает огромными возможностями для развития животноводства, это связано, в первую очередь, с естественными конкурентными преимуществами страны, такие как: благоприятные природно-климатические условия, наличие пастбищ, а также близость рынков сбыта.

В сельскохозяйственном землепользовании республики имеется более 180,0 млн. га кормовых угодий (пастбищ, сенокосов, залежных земель и т.д.). Все земельные зоны страны характеризуются низким количеством годовых осадков – 150 – 320 мм. Эффективное использование их для производства сельскохозяйственной продукции возможно только при рациональном решении проблемы сельскохозяйственного

водоснабжения и обводнения [3]. В комплексе мероприятий, связанных с развитием пастбищного животноводства, основным является гарантированное водоснабжение пастбищных территорий. В настоящее время наибольшая площадь их обводняется трубчатыми и шахтными колодцами, колодцами-копаниями, а наименьшая стационарными водопроводами.

Гарантированное водоснабжение на пастбищах в значительной мере зависит от надежности конструкций и рабочего процесса водоподъемно-силовых агрегатов. Выбор последних для эксплуатации на пастбищных скважинах зависит от природно-хозяйственных условий, параметров водоисточников, а также значительным числом показателей, определяющих взаимосвязь машины с этими факторами.

Во многих регионах республики и стран СНГ используются временные колодцы-копани, в которых вода залегает слоями, образуя пресные линзы на высокоминерализованных водах. Стенки таких колодцев не обустроены и часто осыпаются, водоприемная часть размывается в результате воздействия применяемого насосно-силового оборудования [3].

Использование серийно выпускаемых средств механизации водоподъема приводит к перемешиванию слоев воды, осыпанию стенок и смешиванию песчаных примесей с водой, приводящие к взмучиванию природно-качественной воды и ухудшению физических и химических ее свойств, что делает ее непригодной для поения животных, приводит к абразивному износу оборудования, в результате чего снижается эффективность их применения.

В настоящее время подъем воды из временных колодцев-копаней осуществляется вручную. Поэтому для подъема воды из таких водозаборных сооружений без нарушения ее природных свойств, необходимо предложить инновационные технологии и технические средства поверхностного отбора воды, которые позволят повысить эффективность водоснабжения пастбищ.

Монография посвящена изысканию вышеперечисленных технических решений по повышению эффективности функционирования устройства поверхностного отбора воды путем совершенствования конструкции и оптимизации параметров, обеспечивающих сохранение природных свойств воды и снижение удельных затрат труда и энергии при пастбищном водоснабжении животных.

# 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

## 1.1 Качество воды и сравнительная оценка водоисточников, используемых на пастбищах

Вода – источник жизни всего живого на Земле и значимость ее очень велика. В настоящее время без воды немыслима деятельность ни одной отрасли народного хозяйства, в том числе и животноводства. Она, являясь важнейшим компонентом живой материи, в жизни сельскохозяйственных животных и птицы играет большую роль и существенно влияет на получение экологически чистой продукции животноводства [4]. Вода является растворителем всех питательных веществ, которые необходимы для переваривания и усвоения корма. С водой связаны все химические превращения, обуславливающие жизнедеятельность организма.

Отметим наиболее важные функции воды:

- вода представляет собой универсальный растворитель органических и неорганических веществ в организме животного, она способна образовывать растворы с твердыми, жидкими и газообразными веществами. Все жизненные процессы в живом организме протекают при активном ее участии. В ней растворяются больше веществ, чем в любой другой жидкости;

- структурная функция состоит в том, что организм взрослых животных содержит 45...70 % воды. Наличие воды в организме лошадей в среднем составляет 55 % массы, у крупного рогатого скота – около 60 %, у эмбрионов животных может достигать 97 % их массы. Известно, что только при определенном соотношении воды в теле животного жизнедеятельность организма протекает нормально. Как на недостаток, так и на избыток воды организм животных реагирует очень остро. При недостатке воды у животных нарушается пищеварение и замедляется всасывание питательных веществ в кровь, ухудшается здоровье, снижается продуктивность. Следовательно, обеспечение водой - одно из главных условий нормальной физиологической деятельности и успешного развития животного. Высокопродуктивные животные более требовательны к воде, чем низкопродуктивные [2]. Поэтому для повышения продуктивности животных поддержание в их организме водного баланса она имеет большое значение. Содержание воды в организме в значительной степени зависит от его вида, возраста, пола и типа ткани. Количество поступления воды в ткани тесно связано с активностью обмена веществ в ней. Так, например, содержание воды в крови 80 %, в сердечной мышце 78 %; серое вещество мозга содержит 86 % воды, печень 70 %, почки 80 %, костная ткань – всего 30 %, жировая 20 %. Потеря 5 % общего количества воды, находящейся в организме, проявляется повышением температуры тела, покраснением кожи, учащением дыхания и чувством жажды. Потеря 10 %

воды вызывает серьезные нарушения функции организма, пропадает аппетит, падает продуктивность, а потеря 20-25 % содержащейся в теле воды приводит к гибели животного [4].

Животные при голодании, но при даче воды, в состоянии прожить 30-40 дней, хотя при этом теряют до 50 % жиров, углеводов и белков. При полном лишении воды животные погибают через 4 – 8 дней [5, 6, 7, 8, 9].

Можно отметить несколько функций воды:

- транспортная функция воды осуществляется при передвижении по организму вместе с водой растворенных в ней питательных веществ к различным частям, и выведение ненужных и вредных продуктов из организма животных;

- вода как реагент участвует во многих биологических процессах, протекающих в организме животных;

- вода как термостабилизатор и терморегулятор - эта функция обусловлена такими свойствами воды, как высокая теплоемкость, теплопроводность, теплота испарения. Температура воды для поения взрослых животных должна быть 8...14 °С. Поение животных холодной водой приводит к заболеваниям дыхательных путей и к интенсивной трате большого количества энергии для согревания ее до температуры тела животного. Вычислено, что корова массой 500 кг выпив 50 л воды с температурой 5 °С, расходует 1700 кал, т.е. 1/6 часть общей энергии, представленной ей с кормом [9, 10].

Вода, используемая для поения животных, должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к питьевой воде.

Она должна быть прозрачной, бесцветной, без посторонних запахов и привкуса, приятной на вкус, свободной от продуктов гниения органических веществ, вредных химических примесей и патогенных микроорганизмов. Безопасность воды в эпидемическом отношении характеризуется общим числом микроорганизмов и числом бактерий группы кишечной палочки. Первое не должно превышать 100 в 1 мм<sup>3</sup> воды, второе (коли-индекс) - 3 в 1 л воды.

В воде не должно быть различимых невооруженным глазом водных организмов. Доброкачественная вода не имеет запаха. При разложении в водоисточнике органических веществ растительного происхождения у воды появляется землистый, травянистый, болотный, рыбный запах; органических веществ животного происхождения гнилостный, сероводородный; навоза, мочи - аммиачный; при поступлении в воду промышленных сточных вод - фенольный, керосиновый и др. Вода должна быть приятна на вкус. Из-за повышенного содержания отдельных веществ она может иметь различный привкус (например, солоноватый - при избытке хлорида натрия, горьковатый - при избытке солей магния и т. д.).

Прозрачность воды зависит от количества взвешенных в ней веществ органического и минерального происхождения. Прозрачность воды

считают удовлетворительной, если через ее слой толщиной 30 см можно различить печатные буквы. Важное значение имеет жесткость воды, зависящая от содержания в ней углекислых и сернокислых солей кальция и магния. Жесткая вода вызывает расстройство пищеварения у животных, плохо мылится, образует накипь на стенках котлов. Жесткость воды определяют в миллиграмм-эквивалентах (мг-экв) и градусах жесткости. 1 мг-экв жесткости соответствует содержанию 20,04 мг кальция или 12,12 мг магния на 1 л воды. За 1° жесткости принимается содержание 10 мг окиси кальция в 1 л воды. Вода 10°-ной жесткости считается мягкой, от 10 до 20° умеренно жесткой, выше 20° жесткой. Слишком мягкая вода нежелательна для поения, так как в ней мало минеральных солей. Желательно, чтобы жесткость питьевой воды не превышала 40°.

Большое значение имеет температура воды. Слишком холодная вода может вызвать у животных переохлаждение организма, а у беременных самок - аборт. Теплую воду животные пьют неохотно, так как она ухудшает работу пищеварительной системы. Оптимальная температура воды для поения 10-12 °С [2].

Оценка качества состава воды производится по органолептическим, химическим и санитарно-биологическим показателям. Согласно СанПиН «Санитарно-эпидемиологические требования к нецентрализованному хозяйственно-питьевому водоснабжению» (приказ № 229 от 13.05.2005г.) к качеству воды предъявляются следующие требования: запах – менее 2-3 баллов; привкус – менее 2-3 баллов; цветность – менее 30 градусов; мутность – менее 2 мг/л; нитраты (NO<sub>3</sub>) – менее 45 мг/л; число бактерий группы кишечной палочки (коли-индекс) – менее 10 БГКП в 1000 мл воды; химические вещества – в пределах ПДК [11].

Известно, что водные ресурсы, используемые в пастбищном животноводстве, складываются из ресурсов поверхностных и подземных вод, а также может быть использована вода атмосферных осадков (снеговая, дождевая).

Дождевая и снеговая вода практически не содержит минеральных веществ, быстро портится при хранении, поэтому ее использование допускается только в безводных районах.

К поверхностным водоемам относятся реки, озера, пруды. Химический состав речной воды в течение года сильно меняется. В результате весенних половодий и ливневых дождей речная вода подвергается сильному загрязнению, в ней увеличивается содержание механических примесей и органических веществ.

Бытовые и промышленные сбросы также являются источниками загрязнения рек, поэтому для поения животных более пригодны речные воды, протекающие вдали от населенных пунктов и городских промышленных предприятий. К месту водопоя устраивают безопасные доступы, которые огораживают, чтобы животные не загрязняли реку.

Для водоснабжения используют и глубокие озера, питаемые родниковой водой и удаленные от населенных пунктов и промышленных предприятий. Мелкие озера с низкими берегами сильно загрязняются, поэтому их используют в исключительных случаях. Вода в прудах быстро загрязняется, зарастает водной растительностью, зацветает и редко отвечает санитарным требованиям. Поэтому для использования ее очищают, а при необходимости обеззараживают.

В отличие от открытых водоемов подземные воды являются в гигиеническом отношении более надежными источниками водоснабжения. В зависимости от природных условий подземные воды находятся на различной глубине, распределены неравномерно и имеют разную мощность. Самые лучшие воды залегают между двумя водонепроницаемыми пластами и называются межпластовыми или артезианскими. Эти воды отличаются хорошими вкусовыми качествами и удовлетворяют санитарно-гигиеническим требованиям [2].

Климатические и рельефные особенности Западного-Казахстана сформировали своеобразную гидрогеографическую сеть, неравномерно размещенную на его обширной территории. Наиболее крупные водные артерии проходят по Западно-Казахстанской, Актюбинской и Атырауской областям. Поверхностные воды формируются на его территории и за пределами в виде крупных, средних, малых рек и временных водотоков.

Водотоки Западного региона республики относятся к бассейнам Каспийского и Аральского морей. Общее количество рек составляет 836, длина которых достигает 23000 км. Из них 233 постоянно действующие водотоки общей протяженностью более 8700 км. Основные реки Урал, Эмба, Хобда, Илек, Уил, Иргиз, Сагиз, Большая и Малая Узень, Чаган и Калдыгайты. В Западном Казахстане имеется 622 озера (50,32 % пресноводные) и около 700 естественных и искусственных водохранилищ [12, 13, 14].

Поверхностный сток по сезонам года также неравномерен – почти 85 % его проходит за 1,5-2 месяца весеннего периода. Формируется сток рек за счет снеговых и дождевых вод.

Водообеспеченность Западного водохозяйственного региона республики поверхностными стоками в среднем составляет  $15,66 \text{ км}^3$  в год. В Западном регионе больше всего обеспечены ресурсами поверхностных вод Актюбинская и Западно-Казахстанская области. Так, например, средняя густота речной сети в бассейнах рек Уил составляет  $0,1 \dots 0,025 \text{ км на } 1 \text{ км}^2$ , а в районах песчаных массивов Устюрта и Нарына – очень малы. Крайне неравномерное распределение поверхностного стока по территории обуславливает различную степень их водообеспеченности. В целях перераспределения водных ресурсов и устойчивого водообеспечения отдельных природно-хозяйственных зон региона построены крупные искусственные Урало-Кушумский, Нарынский каналы.

Эти каналы и имеющиеся водоемы заполняются в годы и периоды больших половодий, и то к середине лета большая часть их высыхает. В оставшейся части вода засоляется и становится непригодной. Большинство мелких озер и рек, пересыхая, превращаются в солончаки и соры. Действующие обводнительные каналы имеют очень малые уклоны, а водоемы слишком малую проточность. Поэтому вода в них часто портится. Поить скот непосредственно из каналов и водоемов к тому же крайне неудобно и негигиенично.

Большая часть территории Западно-Казахстанской области расположена в пределах северной части Прикаспийской низменности, характеризующейся сложными гидрогеологическими условиями. Широкое развитие соляно-купольной тектоники, наличие мощного осадочного чехла первично засоленных плиоценовых и четвертичных отложений, в сочетании с засушливым климатом и равнинным рельефом, обусловили неблагоприятные гидрогеологические условия для формирования и размещения подземных вод, пригодных для водоснабжения на большей части ее территории. Только северная, северо-восточная и незначительная южная часть территории перспективны для хозяйственно-питьевого водоснабжения, для орошения земель под кормопроизводство и водоснабжения сельскохозяйственных животных на пастбищах [14].

С учетом природно-гидрогеологических факторов в пределах Западного региона Республики выделены два гидрогеологических района первого порядка, различных по условиям формирования и распространения подземных вод: Прикаспийский и Сыртовый районы.

Сыртовый гидрогеологический район охватывает водораздельные области Общего и Зауральского Сыртов и характеризуется большими площадями выхода мезозойских отложений на дневную поверхность, что в комплексе с довольно расчлененным рельефом создает благоприятные условия для формирования пресных и слабосоленоватых подземных вод в четвертичных и мезозойских отложениях.

Прикаспийский гидрогеологический район, занимающий большую часть территории, приурочен к Прикаспийской низменности, сложен мощными отложениями кайнозоя с преобладанием в разрезе четвертичных и неогеновых пород морского генезиса. Пресные подземные воды встречаются локально в виде линз и связаны, в основном, с массивами эоловых песков и понижениями рельефа, которые благоприятствуют аккумуляции атмосферных осадков, за счет которых происходит локальное опреснение подземных вод. Аналогичные ограниченные запасы пресных и слабосоленоватых подземных вод формируются в долине реки Урал в аллювиальных отложениях и в западной части области в отложениях неогенового комплекса.

Вследствие различных условий формирования подземных вод распространение их по территории области крайне неравномерно.

Пригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения подземных вод наибольшее распространение получили в северной и северо-восточной части области, в пределах Сыртового гидрогеологического района. Здесь основные ресурсы пресных подземных вод сосредоточены в аллювиальных, плиоценовых и верхнемеловых отложениях.

Южная и западная часть территории региона, относящаяся к Прикаспийскому гидрогеологическому району, отличаются крайне низкой водообеспеченностью. На большей части данного района для целей водоснабжения используют подземные воды, приуроченные к четвертичным и плиоценовым отложениям, в виде разобщенных и небольших по площади линз пресных и солоноватых вод известны на юго-западе области и связаны с массивами эоловых песков.

Подземные воды в Западной части страны являются основным источником водоснабжения большинства населенных пунктов [12,14]. Ресурсы их по территории зоны распределены весьма неравномерно. По степени минерализации и водообильности водовмещающих пород они также разнообразны.

По степени минерализации выделены 4 класса подземных вод:

- пресные с минерализацией до  $1 \text{ г/дм}^3$ ;
- умеренно-пресные с минерализацией от 1 до  $1,5 \text{ г/дм}^3$ ;
- слабосолоноватые с минерализацией от  $1,5$  до  $9,0 \text{ г/дм}^3$ ;
- соленые с минерализацией выше  $9 \text{ г/дм}^3$ .

По степени обеспеченности ресурсами подземных вод с целью их эксплуатации выделены два участка, рекомендуемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения, для орошения земель под кормопроизводство и водоснабжения сельскохозяйственных животных на пастбищах:

а) Участки, обеспеченные ресурсами пресных подземных вод. К ним относятся аллювиальная долина р.Урал; аллювиально-дельтовая равнина, расположенная на юго-востоке области; зона развития эоловых песков на юго-западе области; зона развитых трещиноватых карбонатных отложений в пределах Утвино-Озинских дислокаций, куда входят значительные площади Бурлинского, Зеленовского, Каратобинского, Теректинского, Таскалинского, Урдинского и Чингирлауского административных районов.

Водовмещающими здесь являются:

1) трещиноватые карбонатные образования Утвино-Озинских дислокаций представленные опоками, мелями и мергелями. Они обнажаются на возвышенных участках рельефа, на остальной территории перекрываются глинистыми осадками мощностью 2-40 м. Воды здесь преимущественно слабонапорные и залегают на глубине 5-40 м. Мощность обводненной зоны 30-50 м. Дебит скважин достигает  $10-20 \text{ дм}^3/\text{с}$ ;

2) песчано-гравийные аллювиальные отложения долины реки Урал мощностью 20-30 м. Воды грунтовые, залегают на глубине 0,5-4 м. Дебит скважин составляет  $12-25 \text{ дм}^3/\text{с}$ ;

3) песчаные аллювиально-дельтовые отложения Каратобинского месторождения, расположенного в юго-восточной части области. Воды здесь грунтовые, залегают на глубине 0,5-6 м, дебит скважин достигает 10-15  $\text{дм}^3/\text{с}$ ;

4) песчаные морские четвертичные отложения, перекрытые современными эоловыми песками, распространенные в юго-западной части области. Воды здесь грунтовые, залегают на глубине 0,9-10,5 м. Дебит скважин достигает 10-12  $\text{дм}^3/\text{с}$ .

В рассматриваемом районе формируются преимущественно воды с минерализацией до 1,0  $\text{г}/\text{дм}^3$ .

В пределах распространения аллювиальных, аллювиально-дельтовых, карбонатных и морских отложений возможна организация групповых и централизованных водозаборов с высокой производительностью до 100  $\text{дм}^3/\text{с}$  и локальных водозаборов с трубопроводной системой водоснабжения животных и орошения земель.

б) Участки, обеспеченные ресурсами слабосолоноватых подземных вод. Рекомендуются для водоснабжения населенных пунктов средних размеров, обводнения пастбищ и орошения земель. К этим участкам можно отнести область развития морских неоген-четвертичных, палеогеновых и меловых отложений:

1) песчано-глинистые морские отложения мощностью 20-30 м с глубиной залегания грунтовых вод до 5-10 м, с дебитом скважин 3,0-8,0  $\text{дм}^3/\text{с}$ ;

2) трещиноватые породы мелового и палеогенового возраста распространенные как на северо-востоке, так и на северо-западе области, мощность их составляет 10-70 м, водообильностью до 2,5-5, реже 10  $\text{дм}^3/\text{с}$ , с глубиной залегания подземных вод 5-20 м.

Рассматриваемый участок характеризуется распространением подземных вод с минерализацией 1,0-1,5 до 9  $\text{г}/\text{дм}^3$  и их использование можно осуществить путем строительства локальных, а иногда и групповых водозаборов со средней (15-20  $\text{дм}^3/\text{с}$ ) и малой (5-10  $\text{дм}^3/\text{с}$ ) производительностью для обводнения пастбищ и орошения земель с использованием трубопроводных систем.

За последнее десятилетие не построено ни одного нового колодца [15]. В настоящее время используются сохранившиеся шахтные колодцы как минимум 10-12 лет давности. Большинство шахтных колодцев Западного региона республики, в соответствии с рисунком 1.1, расположены в Актюбинской -7646 и Западно-Казахстанской – 4731 областях, наименьшая - в Атырауской – 1444 и Мангистауской – 2350 областях.

На пастбищах, находящихся в зоне полупустынь и пустынь, водоносные горизонты подземных вод в значительной мере расположены в мелкозернистых песках и имеют различную степень минерализации. Эти

водоносные горизонты пополняются за счет атмосферных осадков и частично опресняются. На поверхности высокоминерализованных подземных водных горизонтов образуются блюдца (линзы) пресных вод.

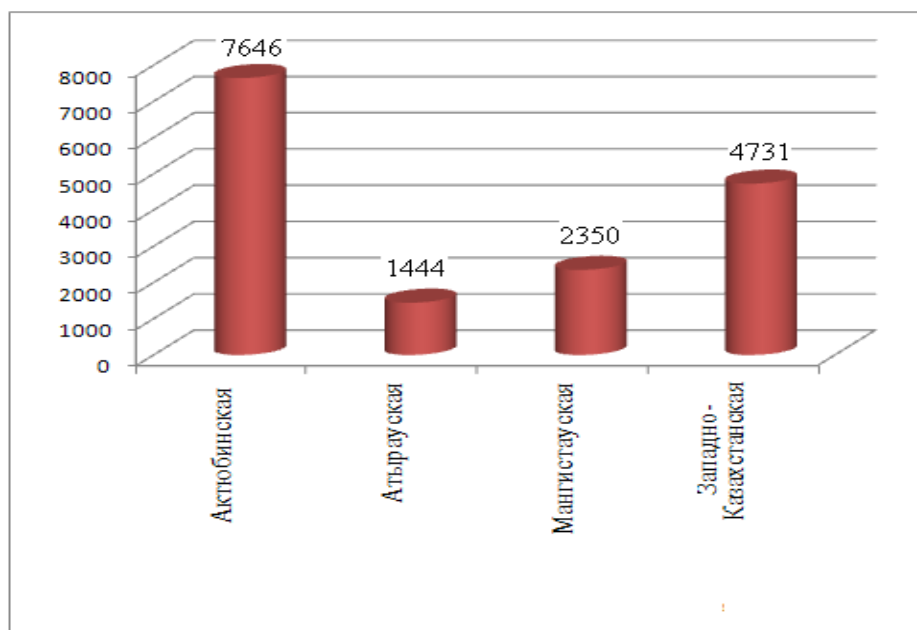


**Рисунок 1.1 – Шахтные колодцы Западного региона**

Бассейны пресных линз имеют широкое распространение не только в Западном Казахстане, но и на многих пастбищных территориях стран СНГ [16, 17, 18, 19].

Значительные бассейны линз пресных грунтовых вод, простирающихся на площади до 2 тыс.км<sup>2</sup> расположены в западной части Центральных Каракумов в районе озера Ясан. Здесь запасы пресных вод настолько велики, что используются для водоснабжения не только животноводства, но и городов.

В Заунгузских Каракумах такие воды с мощностью 2,5 м распространены в пределах южной части и вскрываются в основном в такырных впадинах. Среди общего поля минерализованных вод на глубине 7-10 м встречаются линзы пресной воды и в западной части Бетпакдалинского пастбищного массива, а также, как отмечалось выше, на территории Нарын-песков Республики Казахстан. На территории пастбищ Черных земель Российской Федерации площадь участков с пресными водами колеблется от 0,1 до 16 км<sup>2</sup>, а мощность линз – от нескольких десятков сантиметров до 20 м и более. Статические запасы пресной воды в отдельных линзах исчисляются от 50 тыс. до 4 млн.м<sup>3</sup>. Кроме того, во многих местах пустынных пастбищ местное население искусственно создает и использует линзы пресных вод под такырами, осуществляя забор воды из них через специальные колодцы вырытые вручную. Строительные затраты на

сооружение наливных колодцев и временных колодцев-копаней невелики, а эксплуатационные расходы не превышают затрат на обычное колодезное водоснабжение в пустыне. Однако при откачке воды из пресных линз следует остерегаться захвата соленых вод [19, 20, 21].

Как показывает практика, использование вод пресных линз путем строительства шахтных колодцев, по мере сработки пресной линзы приводит к притоку в водоприемник колодца высокоминерализованной воды из нижних горизонтов, что ведет к засоленности. На временных колодцах-копанях, которые не имеют крепления стенок шахты, и наливных колодцах пресные линзы залегают на соленых водах. Из-за разности удельных весов вода в них может иметь 3 слоя. Подстилающий слой - высокоминерализованная вода, плавающий слой- пресная, а между ними находится слой минерализованной (перемешанной) воды. Временные колодцы-копани, особенно широко распространены в песках Нарын в Атырауской и Западно-Казахстанской областях Республики Казахстан. Распределение колодцев-копаней, в соответствии с рисунком 1.2, на пастбищных территориях республики весьма разнообразно [15].

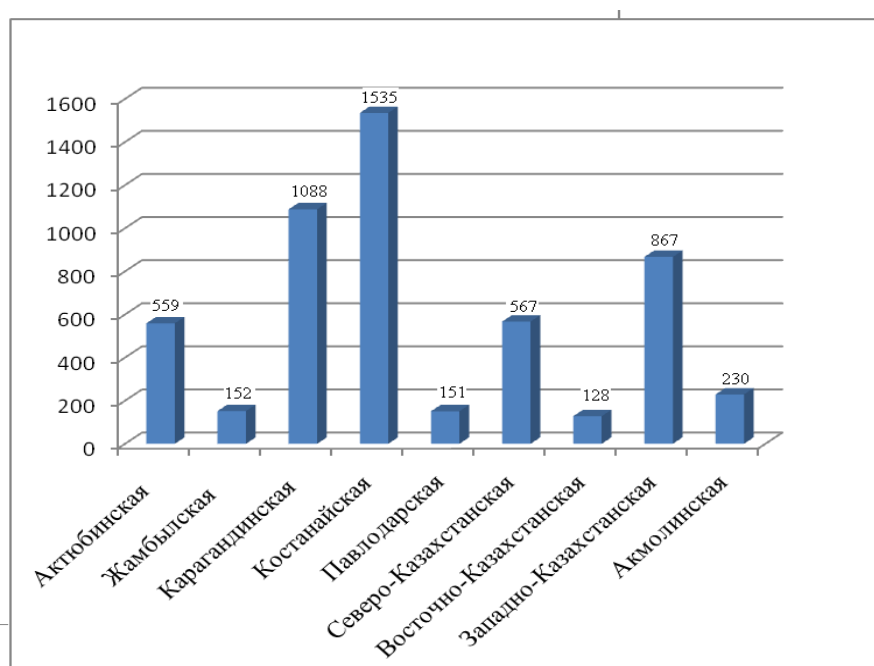


**Рисунок 1.2 – Размещение колодцев-копаней на территории РК**

На таких водоисточниках до сих пор используют ручной водоподъем. Механизация водоподъема здесь затруднена тем, что пресные слои перемешиваются при использовании насосов и водоподъемников, кроме того, быстро выводятся из строя механизированные водоподъемные устройства и колодцы-копани.

## **1.2 Особенности водоснабжения из колодцев-копаней и классификация устройств двухстадийного отбора воды**

Водоснабжение сельскохозяйственных животных в пастбищных условиях из шахтных колодцев-копаней немыслимо без использования специальных средств механизации. Особенности процесса забора воды из копаней затрудняют механизацию водоснабжения и требуют особого подхода. К специфическим особенностям водоснабжения из пастбищных колодцев-копаней относятся [2, 12, 14, 16, 19]:

- использование колодцев-копаней носит кратковременный сезонный характер;
- отсутствие централизованных источников энергоснабжения;
- применение автономных маломощных энергетических установок;
- небольшой дебит колодцев-копаней;
- наличие высокоминерализованного подстилающего слоя воды в источнике;
- отсутствие крепления стенок;
- взмучивание воды при использовании технических средств механизации водоподъема и т.д.

Вопросы механизации водоснабжения из наливных колодцев и колодцев-копаней рассматривались Л.Е. Тажибаевым [3], Р.Г. Гусейновым [16], Р.М. Капланом, А.А. Яковлевым [19], Г.В. Копаневым [22], П.В. Виноградовым [23], Г.С. Гумаровым [14], и др.

Отсутствие альтернативных источников водоснабжения пастбищного животноводства в полупустынных и пустынных зонах диктовало необходимость использования колодцев-копаней. Во избежание взмучивания воды и перемешивания слоев воды с разной плотностью при водоподъеме использовался в основном ручной способ. При этом для зачерпывания и поднятия воды из колодцев использовались ведра, ковши или бурдюки, подвешенные на веревках. Материалом для изготовления этих емкостей служили металл, кожа или резина.

В настоящее время для отбора воды из пастбищных колодцев применяются определенные виды механизированных средств, которые различаются в основном по принципу действия к конструктивному исполнению [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33].

Применяющиеся на практике многообразие конструкций водоотборных устройств объясняется различными типами водозаборных сооружений (колодец-копань, наливной колодец, шахтный колодец); а также поисками эффективных конструкций устройств отбора воды, которые наиболее адекватно отвечали бы условиям их использования.

В данное время сельскохозяйственная отрасль Казахстана перешла на путь рыночной экономики и, как следствие, получили наибольшее распространение сельхозформирования специализирующиеся на ведении

животноводства. Содержание животных на пастбищных территориях полупустынных и пустынных зон Казахстана требует изыскания местных резервов по водообеспечению пастбищного животноводства. Результаты инвентаризационного обследования показали, что при решении данного вопроса рекомендуется ориентироваться на использование колодцев-копаней с двухстадийным отбором воды. В связи с этим возникла необходимость обеспечения механизированной добычи воды из пастбищных колодцев-копаней без нарушения ее природных качеств.

С целью систематизации известных средств двухстадийного отбора воды и разработки более эффективной конструкции водоотборного устройства нами разработана, в соответствии с рисунком 1.3, классификация и проведен сравнительный анализ [34, 35, 36, 37, 38, 39].

Известные устройства двухстадийного отбора воды, на наш взгляд, целесообразно классифицировать по следующим признакам: по функциональному назначению, роду использования, способу размещения в колодце, геометрической форме и материалу изготовления водоприемного резервуара, а также способу поступления воды в приемный резервуар.

Устройства для двухстадийного отбора воды функционально предназначены для работы в шахтных, наливных колодцах и колодцах-копанях.

К первым относятся устройства водоотбора, смонтированные преимущественно на наливных и шахтных колодцах. Они имеют большую массу и габаритные размеры. Переносные водоотборные устройства могут монтироваться в шахтных, наливных колодцах и колодцах-копанях. Их преимущество - малая масса, легкость и простота монтажных и демонтажных работ, транспортабельность в условиях бездорожья аридной зоны.

По способу размещения в колодцах устройство для двухстадийного отбора воды может быть установлено на его дне и подвешено, чаще всего на основном рабочем органе водоподъемного оборудования. По геометрической форме водоприемный резервуар устройства может быть в виде цилиндра, прямоугольной призмы и усеченного конуса.

По роду использования устройства для двухстадийного отбора воды бывают стационарными и переносными.

Водоприемный резервуар выполняют из различных материалов. Цилиндрические резервуары из железобетона и металла. Резервуары в виде прямоугольной призмы изготавливают из металла. Резервуары со стенками в виде усеченного конуса выполняют из резины. Поступление воды в железобетонные и металлические резервуары не регулируются. Резервуары, выполненные из эластичного материала, легко деформируются, что позволяет применить регулируемый способ поступления воды в водоприемный резервуар.

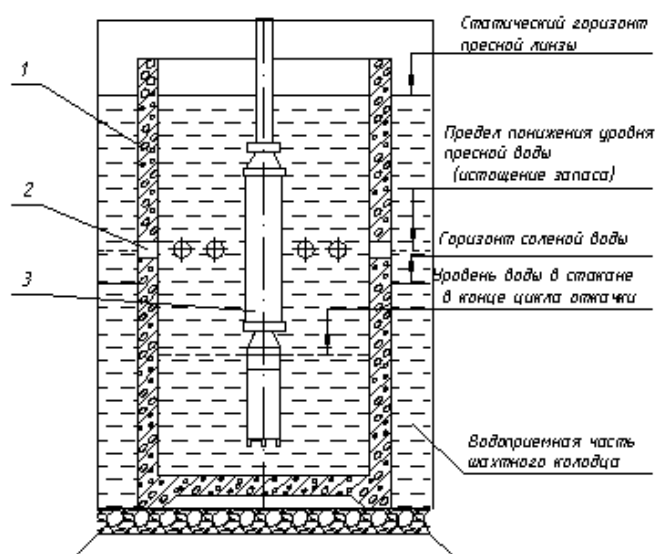


Рисунок 1.3 – Классификация устройств двухстадийного отбора воды

### 1.3 Анализ исследований рабочих процессов устройств двухстадийного отбора воды

Известные устройства двухстадийного отбора воды отличаются между собой конструктивным исполнением, принципом действия и геометрическими размерами. В начале 70-х годов XX столетия в практике сельскохозяйственного водоснабжения начали применять коробки и водоотделяющие стаканы [23, 34]. Это было вызвано тем, что в эти годы нашли широкое применение ленточные шнуровые водоподъемники. Опыт механизации подъема воды из наливных колодцев с их помощью не дал ожидаемых результатов. Вследствие интенсивного перемешивания слоев пресной и соленой воды самим водоподъемником с ленточным рабочим органом поднятая вода оказалась соленой.

В Туркменском сельскохозяйственном институте им. М.И. Калинина П.В. Виноградовым [23], в соответствии с рисунком 1.4, разработан водоотделяющий стакан 1 из железобетона, который устанавливался в колодце, погруженный в оба слоя воды.



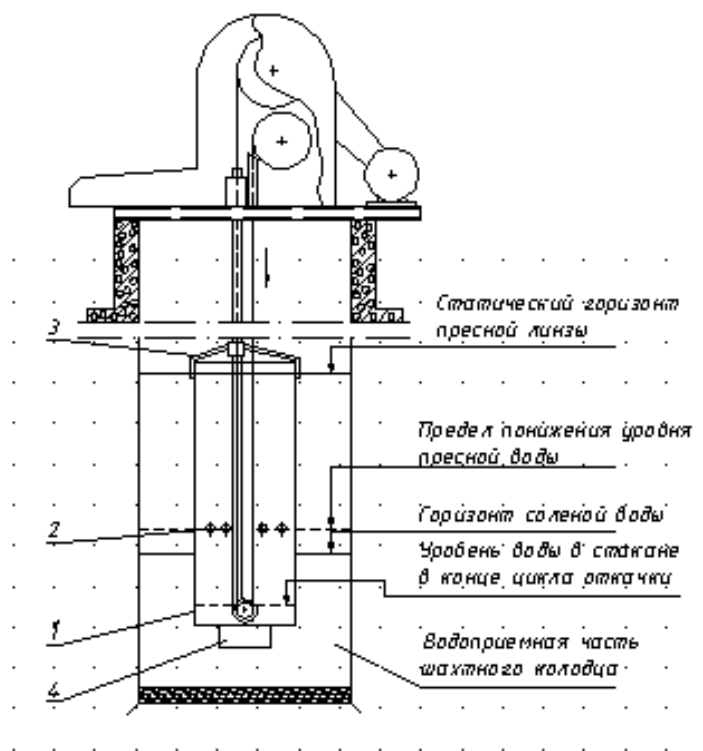
1 – корпус; 2 – отверстия; 3 погружной насос

Рисунок 1.4 – Схема водоразделяющего стакана конструкции Туркменского СХИ им. М.И.Калинина

Вода из пресного слоя поступает в стакан через имеющиеся в его стенке отверстия 2. Подъем воды осуществляется насосным агрегатом 3, водозаборная часть которого размещается на дне стакана 1. Назначение водоотделяющего стакана заключается в том, чтобы защитить воду в колодце от перемешивания и ограничить интенсивность ее откачки. Одновременно стакан предохраняет насосную установку от воздействия абразивов, которыми богата грунтовая вода.

Для работы устройства пригодны любые водоподъемные агрегаты у которых вода поднимается по трубе и не разбрызгивается во время подъема. Ленточные водоподъемники без дополнительного устройства, улавливающего обратный поток воды, для этой цели не пригодны.

Виноградов П.В. также, в соответствии с рисунком 1.5, предложил конструкцию металлического подвесного водоразделяющего стакана при использовании шнурового водоподъемника для подъема воды из наливных колодцев [23].

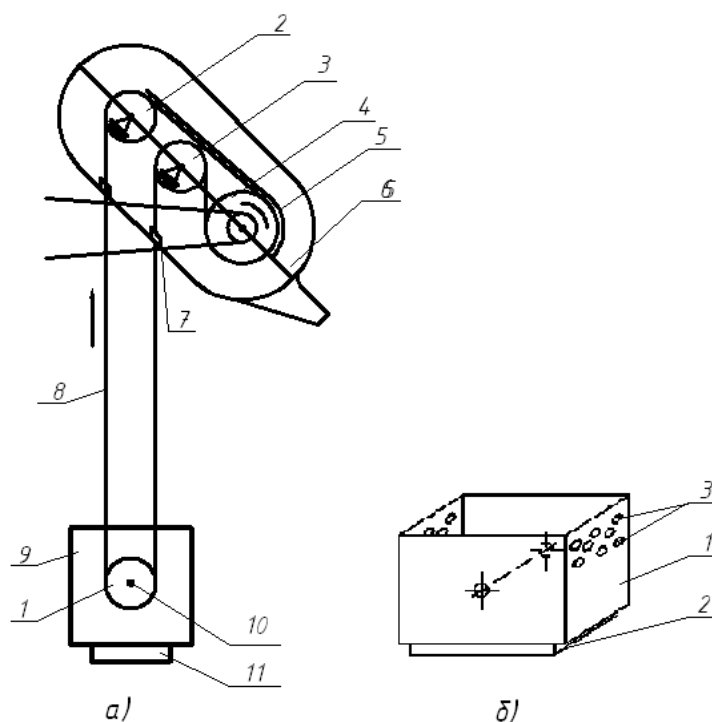


1 – корпус; 2 – отверстия; 3 – подвесное устройство; 4 – груз

**Рисунок 1.5 – Схема подвесного водоразделяющего стакана конструкции П.В.Виноградова**

Стакан ограничивает перемешивание воды пределами своего объема и обеспечивает устойчивость границы между слоями пресной и соленой воды в колодце, делая возможной длительную работу шнурового водоподъемника. Конструкции водоотделяющих стаканов обеспечивают соблюдение необходимого режима откачки из наливных колодцев и надежный отбор пресной воды. Однако они имеют такие недостатки, как большие массы, габаритные размеры и трудоемкость монтажа и демонтажа.

В Западно-Казахстанском сельскохозяйственном институте в, соответствии с рисунком 1.6, разработано противозмучивающее устройство в виде открытого прямоугольного короба, которое использовалось в качестве приспособления к шнуровому водоподъемнику [35].

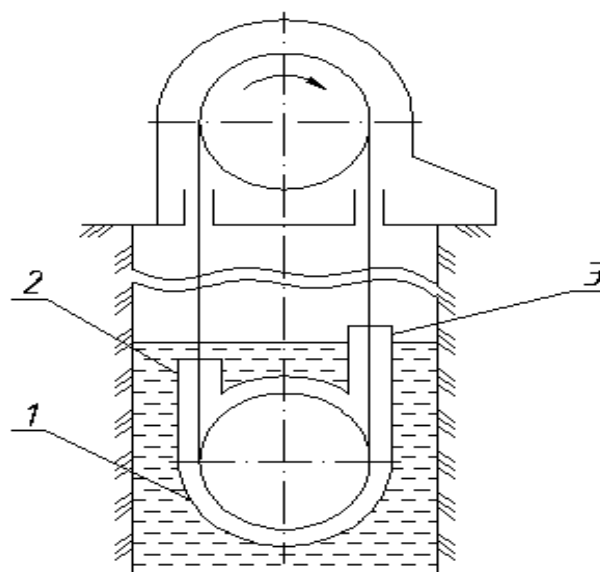


**а) короб при использовании с шнуровым водоподъемником ВЛМ-30:**  
 1- натяжной блок; 2- сбрасывающий блок; 3- направляющий блок;  
 4- ведущий блок; 5- натяжной блок; 6- водосборная камера; 7- карманы;  
 8- шнур; 9- противозмучивающий короб; 10- ось натяжного блока;  
 11- груз **б) противозмучивающий короб:** 1- прямоугольный корпус;  
 2- груз; 3-отверстия

**Рисунок 1.6 – Схема противозмучивающего короба  
 конструкции Западно-Казахстанского СХИ**

Короб 9 подвешивался к натяжному блоку 1 шнурового водоподъемника. Неподвижная ось 10 натяжного блока 1 закреплялась между широкими плоскостями коробки, которые стабилизируют натяжное устройство и рабочий орган (шнур) 8. Для лучшего заполнения коробки водой в ее торцевых стенках со стороны входящего и выходящего шнура выше оси 10 блока 1 просверлены отверстия. Для нормального взаимодействия ведущего блока 4 с рабочим органом ко дну коробки прикреплен груз - балласт 11. Данная конструкция короба позволяет уменьшить змучивание воды в колодце при различных режимах работы водоподъемных средств.

От вышеописанных устройств конструктивно отличается водосборный кожух, предложенный сотрудниками Головного специализированного конструкторского бюро по комплексу машин для овцеводства и водоснабжения пастбищ, в соответствии с рисунком 1.7 [38].



1 – корпус; 2,3 – патрубки

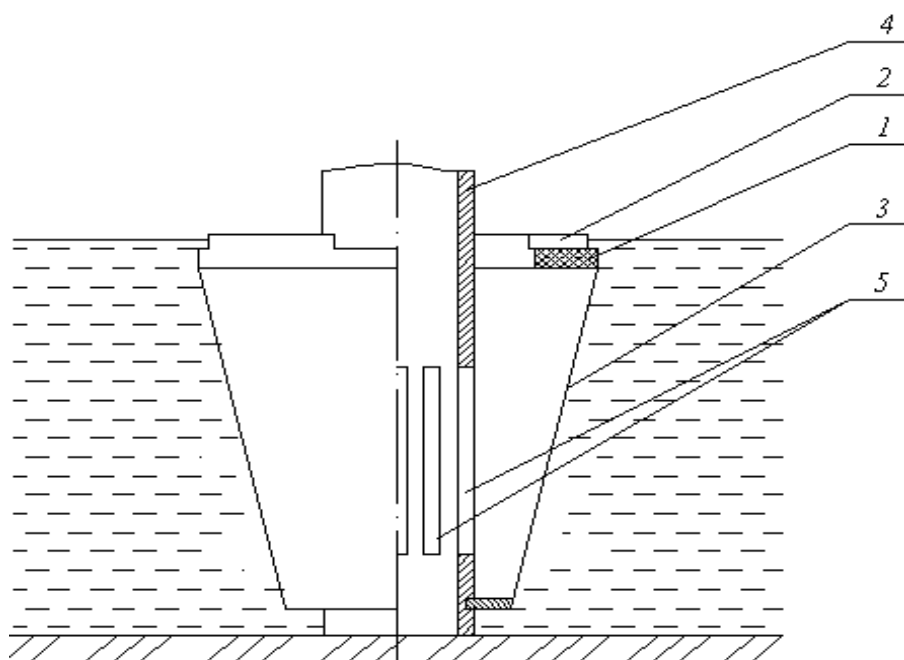
**Рисунок 1.7 – Схема водосборного устройства конструкции ГСКБ по комплексу машин для овцеводства и водоснабжения**

Кожух содержит корпус 1 и два патрубка 2 и 3, причем срез патрубка 3, охватывающего нисходящую ветвь рабочего органа ленточного водоподъемника, размещен выше уровня воды, а патрубок 2, охватывающий восходящую ветвь рабочего органа водоподъемника – ниже этого уровня. Их использование в большей мере позволяет уменьшить взмучивание воды в засоленных колодцах, а также уменьшить гидравлическое сопротивление движению рабочего органа.

Недостатком этих устройств является невозможность регулирования расположения короба по высоте при уменьшении объема добываемой воды в водоисточнике, а также он не позволяет предотвратить отбор высокоминерализованной воды при отсутствии пресной.

Известно, что существующую инженерную задачу забора воды из пресных линз можно решить путем применения устройства для поверхностного отбора воды, которое разработано коллективом ученых Туркменского СХИ им. М.И. Калинина [40]. Данное устройство, в соответствии с рисунком 1.8, включает поплавков 1 с радиальными вырезами 2, водоприемный резервуар 3 с эластичными стенками и водозаборную трубу 4 с отверстиями 5.

Технологический процесс отбора воды происходит следующим образом. Когда поплавок 1 находится в воде пресной линзы, то дно радиальных вырезов 2 находится ниже уровня воды. Вода поступает в водоприемный резервуар 3 и через отверстие 5 в водоприемную трубу 4, где располагается водоподъемное оборудование.



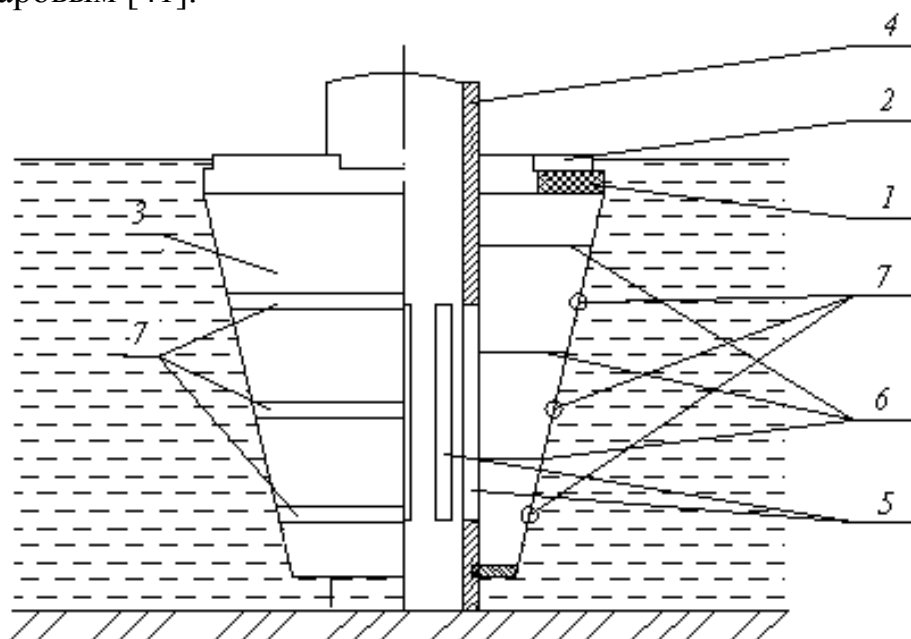
1 - поплавок; 2 - вырезы; 3 - водоприемный резервуар;  
водозаборная труба; 4 - отверстия

**Рисунок 1.8 – Схема устройства для поверхностного отбора воды конструкции Туркменского СХИ им. М.И.Калинина**

Если по мере уменьшения мощности пресной линзы, поплавок 1 окажется на подстилающей высокоминерализованной воде, то дно вырезов 2 поплавок 1 будет выше подстилающей жидкости. Это будет происходить вследствие большей разности удельных весов поплавка и подстилающей соленой воды. В этом случае вода в приемный резервуар 3 поступать не будет. В определенной степени данное устройство позволяет производить отбор воды из пресных линз, но оно обладает также существенным недостатком. Этот недостаток проявляется в том, что в процессе отбора воды при опускании поплавка 1 уменьшается натяжение эластичной стенки водоприемного резервуара 3. И вследствие того, что плотность высокоминерализованной воды больше, чем у пресной воды, результирующая сила гидростатического давления, равномерно воздействуя на внешнюю поверхность водоприемного резервуара 3, сжимает его. В итоге эластичная стенка прижимается к внешней боковой поверхности водозаборной трубы 4 частично или полностью, закрывая его отверстия 5, что препятствует поступлению необходимого объема воды в водозаборную трубу 4. В результате этого снижается эксплуатационная надежность устройства.

Более надежную работу при эксплуатации обеспечивает устройство для поверхностного отбора воды конструкции Уральского технического

института «Аманат», в соответствии с рисунком 1.9, разработанный Г.С. Гумаровым [41].



- 1 - поплавок; 2 - радиальные вырезы; 3- водоприемный резервуар;  
4 - водозаборная труба; 5 - отверстия; 6 - кольцо; 7 - трубка

**Рисунок 1.9 – Конструктивно-технологическая схема устройства для поверхностного отбора воды Г.С. Гумарова**

Схема устройства аналогична водоотборному устройству по а.с. № 414383. Отличительной особенностью является то, что для предотвращения прижатия эластичной стенки водоприемного резервуара, он снабжен внутри металлическими кольцами 6, а снаружи кольцообразными резиновыми трубками 7, которые наполнены газом. Распирающее действие колец 6 и трубок 7 препятствуют сжатию остальных частей эластичной поверхности резервуара 3, вызванному действием результирующей силы гидростатического давления со стороны высокоминерализованной воды. В результате обеспечивается стабильное поступление воды в водозаборную трубу 4.

Описанные последние два устройства имеют общий недостаток, который заключается в том, что различная скорость поступления воды в водоприемный резервуар при использовании тех или иных типов водоподъемных устройств, имеющих различную подачу воды нарушает режим движения жидкости, поступающей через радиальные вырезы поплавка в водоприемный резервуар. Это приводит к интенсивному отбору воды, то есть к смешиванию ее с механическими и песчаными примесями, в результате нарушается качество добываемой воды.

В таблице 1.1 приведены основные показатели существующих устройств двухстадийного отбора воды на пастбищах.

Таблица 1.1 – Основные преимущества и недостатки устройств двухстадийного отбора воды

| Наименования устройств                                            | Преимущества                                                                                                                                      | Недостатки                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                 | 2                                                                                                                                                 | 3                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1.Водоотделяющий стакан из железобетона [23]                      | Защищает воду в колодце от перемешивания.                                                                                                         | Большие масса, габаритные размеры и трудоемкость монтажа и демонтажа.                                                                                                                                                                                    |
| 2.Металлический подвесной водоразделяющий стакан [23]             | Стакан ограничивает перемешивание воды пределами своего объема и обеспечивает устойчивость границы между слоями пресной и соленой воды в колодце. | Большая масса, габаритные размеры и трудоемкость монтажа и демонтажа. Невозможность регулирования расположения стакана по высоте при уменьшении объема добываемой воды в водоисточнике.                                                                  |
| 3.Противовзмучивающее устройство ЗКСХИ [35]                       | Позволяет уменьшить взмучивание воды в колодце при различных режимах работы водоподъемных средств.                                                | Невозможность регулирования расположения короба по высоте при уменьшении объема добываемой воды в водоисточнике.                                                                                                                                         |
| 4.Водосборный кожух, предложенный сотрудниками ГСКБ [38]          | Позволяет уменьшить взмучивание воды в засоленных колодцах, а также уменьшить гидравлическое сопротивление движению рабочего органа.              | Не позволяет предотвратить отбор высокоминерализованной воды при отсутствии пресной.                                                                                                                                                                     |
| 5.Устройство для поверхностного отбора воды Туркменского СХИ [40] | Позволяет производить отбор воды из пресных линз.                                                                                                 | В процессе отбора воды при опускании поплавка эластичная стенка прижимается к внешней боковой поверхности водозаборной трубы частично или полностью, закрывая его отверстия, что препятствует поступлению необходимого объема воды в водозаборную трубу. |

Продолжение таблицы 1.1

| 1                                                                                                        | 2                                                                | 3                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. Устройство для поверхностного отбора воды конструкции Уральского технического института «Аманат» [41] | Обеспечивается стабильное поступление воды в водозаборную трубу. | Невозможность регулирования скорости поступления воды в водоприемный резервуар при использовании тех или иных типов водо-подъемных устройств, имеющих различную подачу воды. |

Таким образом, анализ конструктивно-технологических схем устройств для поверхностного отбора воды позволяет сделать вывод о том, что с учетом вышеперечисленных недостатков необходимо дальнейшее совершенствование их конструкции.

### **Выводы по 1 разделу**

1. В пустынных и полупустынных зонах республики, в виду отсутствия альтернативных водоисточников пастбищного животноводства, основными являются колодцы-копани и наливные колодцы.

2. Анализ выполненных исследований показывает, что существующие технологии и технические средства механизации малоэффективны при подъеме воды из пресных линз наливных колодцев-копаней и заиленных шахтных колодцев, так как происходит перемешивание слоев воды и мелких песчаных водных примесей, что приводит к нарушению органолептических и химических показателей качества воды для поения сельскохозяйственных животных и сокращает срок службы средств подъема воды.

3. На основе разработанной классификации и анализа рабочих процессов устройств двухстадийного отбора воды из пастбищных водоисточников выявлены основные недостатки и преимущества существующих конструкций, откуда видно, что наиболее простым и надежным является метод поверхностного отбора воды из колодцев-копаней и заиленных шахтных колодез.

4. Недостаточно разработаны теоретические основы создания и совершенствования устройств для поверхностного отбора воды. Предложенные технические решения по устранению недостатков этих устройств несовершенны и требуют соответствующих научно-практических изысканий.

Исходя из изложенного, повышение эффективности функционирования устройства поверхностного отбора воды путем

совершенствования конструкции и оптимизации параметров, обеспечивающих сохранение природных свойств воды и снижение удельных затрат труда и энергии при пастбищном водоснабжении животных представляет собой актуальную научную задачу, для решения которой необходимо:

- провести анализ существующих конструктивно-технологических схем устройств двухстадийного отбора воды и выявить перспективные направления их совершенствования;
- разработать конструктивно-технологическую схему нового устройства для поверхностного отбора воды из колодцев-копаней;
- провести теоретические исследования по обоснованию основных конструктивно-технологических и режимных параметров предлагаемого устройства;
- изготовить опытные образцы водоотборного устройства на основе принятой перспективной конструктивно-технологической схемы и результатов теоретического прогнозирования;
- экспериментальными исследованиями оптимизировать конструктивно-технологические и режимные параметры устройства и проверить достоверность теоретических предпосылок;
- провести производственные испытания устройства для поверхностного отбора воды из колодцев-копаней и дать экономическую оценку эффективности его использования.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Анализ технологий водоснабжения животноводства на основе использования пастбищных колодцев-копаней

Система механизированного водоснабжения животных на пастбищах из колодцев-копаней – это комплекс, состоящий из взаимосвязанных элементов: водоисточника, водоподъемной установки, включающей устройство поверхностного отбора воды, насосно-силовой агрегат (НСА) и энергетическую установку, систему резервирования (аккумулирующее устройство), характеризующийся применяемыми методами технической и производственной эксплуатации.

В подразделе 1.2 нами были отмечены специфические особенности водоснабжения из пастбищных колодцев-копаней. С учетом результатов инвентаризации систем пастбищного водоснабжения и анализа известных исследований Р.Г. Гусейнова [16], П.В. Виноградова [23], Л.Е. Тажибаева [42], В.С. Оводова [43], В.М. Усаковского [44], А.А. Ауланбергеннова [45], и других ученых нами разработана, в соответствии с рисунком 2.1, технологическая схема водоснабжения сельскохозяйственных животных в пастбищных условиях из колодцев-копаней [46].

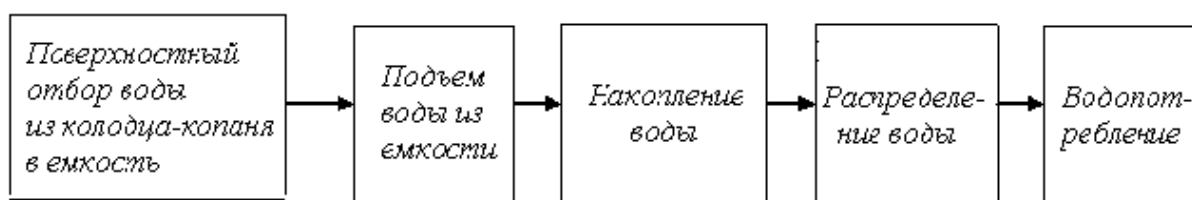
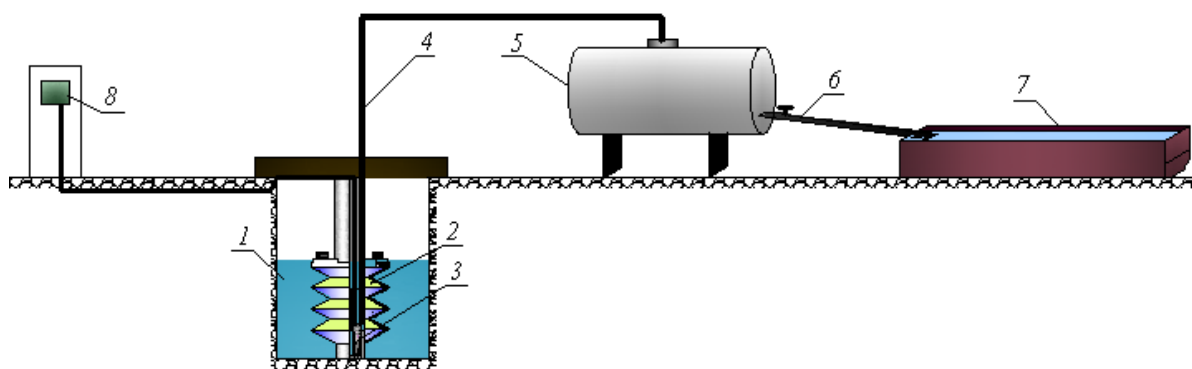


**Рисунок 2.1 – Технологическая схема водоснабжения из пастбищных колодцев-копаней**

В предлагаемой технологической схеме в начале производится поверхностный отбор воды из водоисточника в емкость. При этом отбираемый из копания объем воды должен быть регулируемым и соответствовать подаче водоподъемной установки или насоса. А затем поднятая из емкости вода по трубе подается в накопительный резервуар, откуда по самотечно-напорной трубе распределяется для водопотребления. Согласно данной схемы водоснабжения построен, в соответствии с рисунком 2.2, пастбищный водопойный пункт на базе колодца-копая.

Предлагаемая технология водоснабжения пастбищного животноводства основана на принципе двухстадийного отбора воды из колодца-копая. Разработанная технология позволяет осуществлять механизированную откачку воды из пресных линз, залегающих на высокоминерализованных водах.



1 – колодец-копань, 2 – УПО, 3 – НСА (погружной насос), 4 – водоотводящая труба, 5 – накопитель, 6 – самотечная труба, 7 – водопойное корыто, 8 – энергоисточник

**Рисунок 2.2 –Схема пастбищного водопойного пункта на базе колодца-копани**

Правомерность вышеописанной технологии обусловлена еще тем, что колодцы-копани обычно роют на сыпучем грунте и двухстадийный отбор воды позволяет предотвратить размывание стенок водозаборного сооружения, взмучивание воды и захват песка насосом (водоподъемником).

## **2.2 Теоретические исследования работы пастбищного водопойного пункта на базе колодцев-копаней**

### **2.2.1 Теоретические предпосылки к исследованию работы водопойного пункта на базе колодца-копани с большим дебитом**

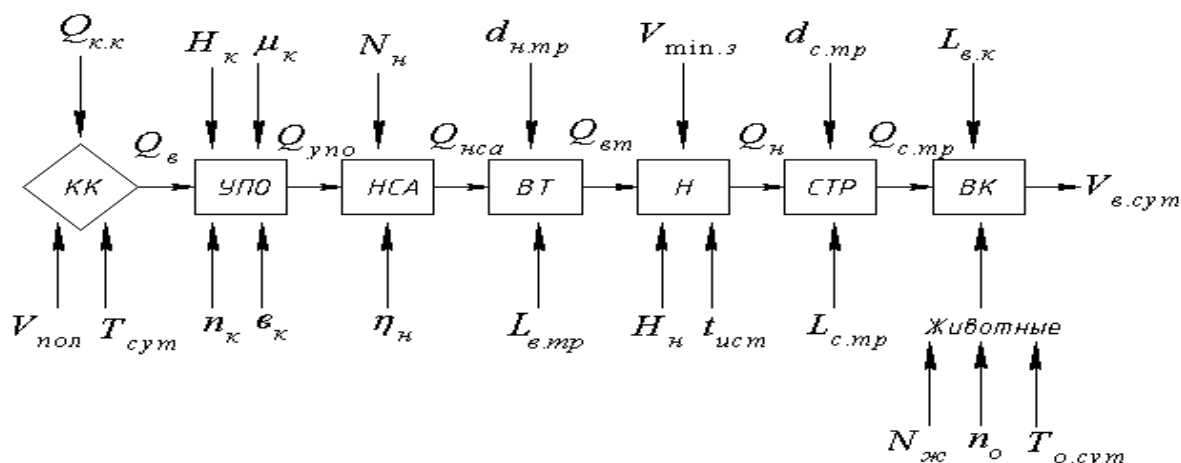
С точки зрения системного подхода водопойный пункт представляет собой поточную технологическую линию водоснабжения сельскохозяйственных животных в пастбищных условиях. Формализация технологического процесса на водопойном пункте позволяет построить его структурную схему, показанную на рисунке 2.3 [47].

Совокупность и целевое функционирование элементов-объектов водопойного пункта, в соответствии с рисунком 2.3, определяет целостность системы. Между исследуемыми элементами системы существует определенная функциональная связь. Выходные параметры предшествующего элемента системы являются входными последующего.

Основным элементом рассматриваемой системы является колодец-копань, так как от его параметров зависят параметры и режим функционирования других элементов водопойного пункта.

Режим функционирования водопойного пункта на базе колодца-копани с большим дебитом следующий: часовая подача насосно-силового

агрегата  $Q_{нса}$  меньше и равно дебиту колодца-копая  $Q_{кк}$ , т.е.  $Q_{нса} \leq Q_{кк}$ . Отбор воды производится на динамическом уровне. Насосно-силовой агрегат производит процесс откачки воды непрерывно. Перерывы в работе насосно-силового агрегата возможны по технологическим причинам.



$H_k$  - геометрический напор на пороге водопропускного канала, м;  $\mu_k$  - коэффициент расхода водопропускных каналов водоотборного устройства,  $N_n$  - потребляемая мощность, кВт;  $d_{н.тр}$  - наружный диаметр водоотводящей трубы, м;  $V_{min.з}$  - минимальный объем необходимого запаса воды в накопителе, м<sup>3</sup>;  $d_{с.тр}$  - внутренний диаметр самотечной трубы, м;  $L_{в.к}$  - общая длина водопойных корыт, м;  $V_{пол}$  - полезный объем воды в колодце-копане, м<sup>3</sup>;  $T_{сут}$  - продолжительность работы водопойного пункта, ч;  $n_k$  - количество водопропускных каналов;  $e_k$  - ширина водопропускного канала, м;  $\eta_n$  - коэффициент полезного действия НСА;  $L_{в.тр}$  - длина водоотделяющей трубы, м;  $H_n$  - напор воды в накопителе, м;  $t_{ист}$  - время истечения жидкости из накопителя, ч;  $L_{с.тр}$  - длина самотечной трубы, м;  $N_{ж}$  - поголовье животных;  $n_o$  - количество отар;  $T_{о.сут}$  - необходимое время для поения одной отары в сутки, ч;  $V_{в.сут}$  - суммарное среднесуточное водопотребление на водопойном пункте, м<sup>3</sup>; КК – колодец-копань; УПО – устройство поверхностного отбора воды; НСА – насосно-силовой агрегат; ВТ – водоотводящая труба; Н – накопитель воды; СТР – самотечная труба; ВК – водопойное корыто.

**Рисунок 2.3 – Структурная схема водопойного пункта на базе колодца-копая**

Условие функционирования водопойного пункта

$$Q_v \geq Q_{upo} \geq Q_{нса} = Q_{вт} = Q_{вк}, \quad (2.1)$$

где  $Q_v$  - водоотдающая способность водоемника, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{upo}$  - водопропускная способность устройства поверхностного отбора воды, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{нса}$  - подача насосно-силового агрегата, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{вт}$  - водопропускная способность водоотводящей трубы, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{вк}$  - расход воды из водопойных корыт, м<sup>3</sup>/с.

Водоотдающую способность копания можно определить следующим образом.

Расчетный объем воды, который может отдать колодец-копая за время водопоя одной отары, определяется формулой [39]

$$V_{pv} = V_{дч}, \quad (2.2)$$

где  $V_{дч}$  - объем воды, поступающей в колодец за время водопоя отары, обусловленное его дебитом,  $м^3$ .

Объем воды, поступающей в колодец за время водопоя отары, обусловленное его дебитом определяется из выражения

$$V_{дч} = Q_{кк} T_{но}, \quad (2.3)$$

где  $Q_{кк}$  - дебит колодца-копания,  $м^3/ч$ ;

$T_{но}$  - продолжительность поения одной отары, ч.

Тогда, учитывая формулу (2.2), выражение (2.3) напомним в следующем виде

$$V_{pv} = Q_{кк} T_{но}, \quad (2.4)$$

Среднечасовую водоотдающую способность водоисточника можно найти, как [39]

$$Q_{в.ч} = \frac{V_{p.в.}}{T_{н.о}}, \quad (2.5)$$

а водоотдающую способность водоисточника в единицу времени рассчитать по формуле [39]

$$Q_{в} = \frac{V_{p.в.}}{3600 T_{н.о}}, \quad (2.6)$$

или

$$Q_{в} = \frac{Q_{к.ч}}{3600}. \quad (2.7)$$

Подсистема «КК-УПО» будет нормально функционировать в случае выполнения условия

$$Q_{в} \geq Q_{yno}. \quad (2.8)$$

Или [48]

$$Q_{\kappa} \geq \mu_{\kappa} n_{\kappa} b_{\kappa} \sqrt{2g} H_{\kappa}^{1,5}. \quad (2.9)$$

где  $\mu_{\kappa}$  - коэффициент расхода водопропускных каналов;

$n_{\kappa}$  - количество водопропускных каналов, шт;

$b_{\kappa}$  - ширина водопропускного канала, м;

$H_{\kappa}$  - геометрический напор на пороге водопропускного канала, м.

Из формулы (2.9) выразим

$$H_{\kappa} = \left[ \frac{Q_{\kappa}^2}{\mu_{\kappa}^2 n_{\kappa}^2 b_{\kappa}^2 2g} \right]^{1/3}. \quad (2.10)$$

Условие нормального функционирования подсистемы «УПО-НСА» можно записать как

$$Q_{yno} \geq Q_{нса}. \quad (2.11)$$

При выборе, из различных типов, необходимый насос для эксплуатации, за основу следует принять по паспортным данным его кпд ( $\eta_n$ ) и эффективную подачу при соответствующей потребляемой мощности  $N_n$ . Зная рациональный режим работы насосно-силового агрегата и соблюдая условие (2.11), устанавливают требуемую величину  $H_{\kappa}$ .

Диаметр водоотделяющей трубы определяют из выражения [39]

$$d_{в.т.} = \sqrt{\frac{4Q_{нса}}{\pi g_{в.т}}}, \quad (2.12)$$

где  $g_{в.т.}$  - рекомендуемая скорость движения воды в водоотводящей трубе, м/с. Для труб диаметром до 350 мм -  $g_{в.т.} = 0,7 \dots 0,9$  м/с [34, 49, 50].

Расчетное значение диаметра трубы округляют до ближайшего стандартного размера.

Рекомендуется устанавливать водопойные корыта на расстоянии не менее 10-15 м от колодца-копая [2,6,49]. В этих пределах выбирают длину водоотводящей трубы -  $L_{вт.}$

Функционирование без перебоя подсистемы «НСА-ВК» обеспечивается выполнением условия [39]

$$Q_{нса} = Q_{вк}. \quad (2.13)$$

В течение суток поение животных осуществляется несколько раз, при этом наибольший объем (60%) воды потребляется в утреннее время [3]. Исходя из этого, расчетный секунднй расход воды при водопое животных из корыт определяется по формуле [39]

$$Q_{в.к} = \frac{0,6V_{сут}}{3600T_{п.о}}, \quad (2.14)$$

где  $V_{сут}$  - среднесуточный объем воды, потребляемый отарой, м<sup>3</sup>.

Учитывая, что среднесуточный объем воды, потребляемый отарой, рассчитывается по формуле [39]

$$V_{сут} = q_{жс} N_{жс} \cdot 10^{-3}, \quad (2.15)$$

где  $q_{жс}$  - среднесуточная норма водопотребления  $i$ -го вида животного, л;

$N_{жс}$  - поголовье  $i$ -го вида животных в отаре.

Можно записать [39]

$$Q_{в.к} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3} q_{жс} N_{жс}}{3600T_{п.о}}. \quad (2.16)$$

Приняв во внимание условие (2. 13) запишем

$$N_{жс} = \frac{6 \cdot 10^6 Q_{нса} T_{п.о}}{q_{жс}}. \quad (2.17)$$

Общую длину водопойных корыт определяют по формуле [2, 49]

$$L_{в.к} = \frac{N_{жс} t_{жс} f_n}{3600T_{п.о}}, \quad (2.18)$$

где  $f_n$  - фронт поения одного  $i$ -го вида животного, м;

$t_{жс}$  - продолжительность поения одного  $i$ -го вида животного, с;

Продолжительность поения одного  $i$ -го вида животного определяется как [3]

$$t_{жс} = \frac{0,6q_{жс}}{q_{ин}}, \quad (2.19)$$

где  $q_{ин}$  - средняя интенсивность поения  $i$ -го вида животных, л/с , (для взрослых овец – 0,025; для молодняка овец – 0,011; для молодняка КРС – 0,05 [2, 5, 6]).

Общую длину водопойных корыт можно определить по следующей формуле [3]

$$L_{вк} = N_n f_n, \quad (2.20)$$

где  $N_n$  - поголовье  $i$ -го вида животных допускаемых к водопойным корытам для одновременного обслуживания.

Учитывая отношение (2.19), а также приравняв формулы (2.18) и (2.20), получим зависимость позволяющую определить поголовье  $i$ -го вида животных в партии, допускаемых к водопойным корытам для одновременного поения [39]

$$N_n = \frac{0,6q_{жс} N_{жс}}{3600q_{ин} T_{п.о}}. \quad (2.21)$$

Общее количество партий  $i$ -го вида животных, образующееся при разбивке отары, определяют из выражения [2,49]

$$n_{п.жс} = \frac{N_{жс}}{N_n}, \quad (2.22)$$

или, учитывая формулу (2.21),

$$n_{п.жс} = \frac{6 \cdot 10^3 q_{ин} T_{п.о}}{q_{жс}}. \quad (2.23)$$

Продолжительность цикл поения одной отары вычисляют по формуле [3]

$$T_{ц} = T_{осут} + T_{техн}, \quad (2.24)$$

где  $T_{осут}$  - необходимое время для поения одной отары в сутки, ч [39];

$$T_{осут} = \frac{N_{жс} t_{жс.сут}}{3600 N_n}, \quad (2.25)$$

$t_{жс.сут} = \frac{q_{жс}}{q_{ин}}$  - необходимое время для поения одного животного в сутки, ч;

$T_{техн}$  - время, затрачиваемое на технологические перерывы водопойного пункта, ч.

Общее количество отар, обслуживаемых водопойным пунктом в сутки, можно определить по формуле [3]

$$n_o = \frac{V_{сут}}{V_{сут.н}}, \quad (2.26)$$

где  $V_{сутн} = Q_{нса} T_{осут}$  - объем воды, подаваемое насосом, за время работы водопойного пункта, м<sup>3</sup>;

$T_{сут} = 24 - T_б$  - продолжительность работы водопойного пункта, ч;

$T_б$  - время бездействия водопойного пункта, ч.

Также учитывая формулу (2.15), можно написать

$$n_o = \frac{q_{жс} N_{жс} 10^{-3}}{Q_{нса} T_{сут}}. \quad (2.27)$$

Полученная формула справедлива для случая, когда все отары, поступающие на водопойный пункт отобраны из одной половозрастной группы.

Если водопойный пункт обслуживает отары, каждая из которых сформирована из разных половозрастных групп, то для выявления количества отар обслуживаемых водопойным пунктом в сутки используют метод подбора. В этом случае суммарное среднесуточное водопотребление на водопойном пункте определяют по формуле [39]

$$V_{в.сут} = \sum_{j=1}^{n_o} V_{сут.j}, \quad (2.28)$$

где  $V_{сутj}$  - среднесуточное водопотребление отары  $j$  – ой половозрастной группы, м<sup>3</sup>.

## 2.2.2 Теоретические предпосылки к исследованию работы водопойного пункта на базе колодца-копая с малым дебитом

Рассмотрим случай, когда водопойный пункт на базе колодца-копая с малым дебитом не обеспечивает при сосредоточенном максимальном водопотреблении отары необходимым количеством воды.

Режим работы такого водопойного пункта, как системы будет следующим: часовая подача насосно-силового агрегата  $Q_{нса}$  больше среднего дебита колодца-копая  $Q_{кк}$ ,  $Q_{нса} \geq Q_{кк}$ . Динамический уровень воды в колодце-копане при откачке в течение времени  $T_{отк}$  уменьшается от статического уровня до уровня остаточного объема воды, ниже

которого забор воды не производится путем отключения насосно-силового агрегата. В дальнейшем полезный объем воды  $V_{пол}$  в колодце за время  $T_{вос}$  восстанавливается. Включают насосно-силовой агрегат и производят следующую откачку и цикл повторяется. В описанных условиях функционирования возникает необходимость строительства на водопойном пункте резервуара-накопителя. Функциональная схема водопойного пункта на базе колодца-копая с малым дебитом представлена на рисунке 2.3.

Для обоснования параметров и режима работы составных элементов водопойного пункта, рассматриваемую систему целесообразно условно разделить на два блока. Так как в системе имеются два основных диктующих элемента: в блоке 1 «КК-УПО-НСА-ВТ» - это насосно-силовой агрегат, в блоке 2 «Н-СТР-ВК» диктующий элемент – водопойное корыто. От параметров этих звеньев системы зависят параметры и режим работы других составляющих элементов водопойного пункта.

Условием нормального функционирования является: для блока 1:

$$Q_v < Q_{упо} \geq Q_{нса} = Q_{вт}, \quad (2.29)$$

для блока 2:

$$Q_n = Q_{стр} = Q_{вк}, \quad (2.30)$$

где  $Q_n$  - расход воды из накопителя,  $м^3/с$ ;

$Q_{стр}$  - расход воды в самотечной трубе,  $м^3/с$ .

За время одного забора воды колодец-копань может обеспечить следующий отбор воды

$$V_{во} = V_{кз} + V_{пол}, \quad (2.31)$$

где  $V_{кз}$  - объем воды, поступающей в колодец-копань за время одного водозабора,  $м^3$ ;

$V_{пол}$  - полезный объем воды в колодце-копане,  $м^3$ .

Так как объем воды, поступающей в колодец-копань, за время одного водозабора можно определить из выражения [39]

$$V_{кз} = Q_{кк} T_{отб}. \quad (2.32)$$

Полезный объем воды в колодце зависит от формы и размеров его водосборной части, высоты статического уровня воды в колодце и высоты столба «мертвого» объема воды в колодце-копане.

Объем воды, которую может отдать колодец-копань за время одного водозабора, определяется по формуле [39]

$$V_{во} = Q_{кк} T_{отб} + V_{пол}. \quad (2.33)$$

Тогда водоотдающая способность водоисточника в единицу времени рассчитывается по формуле [39]

$$Q_{\epsilon} = \frac{Q_{к.ч} T_{отб} + V_{пол}}{3600 T_{отб}}. \quad (2.34)$$

Благоприятное функционирование подсистемы «УПО-НСА» выражается условием (2.11).

В зависимости от эффективной подачи насосно-силового агрегата, соответственно его рациональному режиму устанавливают требуемую величину геометрического напора по формуле (2.10)

$$H_{\kappa} = \left[ \frac{Q_{\epsilon}^2}{\mu_{\kappa}^2 n_{\kappa}^2 \epsilon_{\kappa}^2 2g} \right]^{1/3},$$

Диаметр водоотводящей трубы определяют по формуле (2.16) и округляют до ближайшего стандартного размера.

Время работы насосно-силового агрегата, необходимое на разовый отбор воды из копаня при  $Q_{нса.ч} > Q_{кч}$ , рассчитывают используя выражение [39]

$$T_{отб} = \frac{V_{пол}}{Q_{нса.ч} - Q_{кк}}. \quad (2.35)$$

Время одного цикла отбора воды из колодца-копаня определяют по формуле [39]

$$T_{цo} = T_{отб} + T_{вос}, \quad (2.36)$$

где  $T_{вос} = \frac{V_{пол}}{Q_{к.ч}}$  - время восстановления полезного объема воды в копане, ч.

Объем воды, отобранной из колодца за время поения отары животных [39]

$$V_{во} = i_{но} Q_{нса.ч} T_{отб}, \quad (2.37)$$

где  $i_{но} = \frac{T_{но}}{T_{отб} + T_{вос}}$  - кратность отбора воды из копаня за время поения отары, или, учитывая выражение (2.30), можно записать

$$V_{\text{во}} = Q_{\text{кк}} T_{\text{но}}. \quad (2.38)$$

Кратность отбора воды из колодца-копая в сутки определяется формулой [39]

$$i_{\text{сут.о}} = \frac{V_{\text{сут.к}}}{V_{\text{во}}}, \quad (2.39)$$

где  $V_{\text{сут.к}}$  - объем жидкости, которую может копань отдать за время работы водопойного пункта,  $\text{м}^3$ .

Так как 
$$V_{\text{сут.к}} = Q_{\text{кк}} T_{\text{сут}}, \quad (2.40)$$

$$T_{\text{отб}} = \frac{V_{\text{во}}}{Q_{\text{нса.ч}}}, \quad (2.41)$$

то получим

$$i_{\text{сут.о}} = \frac{Q_{\text{к.ч}} T_{\text{сут}}}{Q_{\text{нса.ч}} T_{\text{отб}}}. \quad (2.42)$$

Максимальное поголовье овец, которое может обслужить водопойный пункт за время работы в сутки [3],

$$N_{\text{ж.мах}} = \frac{Q_{\text{к.ч}} T_{\text{сут}}}{0,001 q_{\text{ж}}}. \quad (2.43)$$

Зная поголовье овец в отаре, определяют количество отар, которое может быть обслужено водопойным пунктом [3]

$$n_o = \frac{N_{\text{ж.мах}}}{N_{\text{ж}}}. \quad (2.44)$$

Минимальный объем необходимого запаса воды в накопителе должен быть не меньше или равен максимальному сосредоточенному (единовременному) водопотреблению на водопойном пункте  $V_{\text{мах}} = 0,6V_{\text{сут}}$  за вычетом объема, который может быть получен из копаня во время водопоя овец  $V_{\text{но}}$ , т.е

$$V_{\text{мин.з}} = 0,6V_{\text{сут}} - V_{\text{но}}, \quad (2.45)$$

или учитывая формулы (2.33) и (2.37),

$$V_{min.з} = 0,6 \cdot 10^{-3} q_{жс} N_{жс} - Q_{кк} T_{по}, \quad (2.46)$$

Кратность отбора воды, необходимая для накопления максимального единовременного объема водопотребления на водопойном пункте, вычисляют по формуле [39]

$$i_{e.в} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3} q_{жс} N_{жс}}{Q_{нса.ч} T_{отб}}. \quad (2.47)$$

Время, затрачиваемое для накопления максимального единовременного объема водопотребления на водопойном пункте, определяют из выражения [39]

$$t_{e.в} = i_{e.в} (T_{отб} + T_{вос}), \quad (2.48)$$

или, с учетом формулы для определения  $T_{вос}$  и выражения (2.35),

$$t_{e.в} = \frac{i_{e.в} V_{пол} Q_{нса.ч}}{(Q_{нса.ч} - Q_{к.ч}) Q_{к.ч}}. \quad (2.49)$$

При расчете минимального времени между утренними водопоями отар  $T_{минв}$  следует соблюдать условие

$$T_{минв} \geq t_{ев}. \quad (2.50)$$

Во время поения отары накопитель должен обеспечить расход воды

$$Q_n = \frac{i_{e.в} Q_{нса.ч} T_{отб}}{3600 T_{н.о}}. \quad (2.51)$$

Подсистема «Накопитель-самотечная труба» успешно функционирует при соблюдении условия

$$Q_n = Q_{с.тр}. \quad (2.52)$$

Самотечная труба будет работать как короткий трубопровод, следовательно расход воды определяется по формуле [48]

$$Q_{c.mp} = \mu_{c.mp} \omega_{c.mp} \sqrt{2gH_n}, \quad (2.53)$$

где  $\mu_{c.mp}$  - коэффициент расхода при истечении воды через трубопровод;

$\omega_{c.mp} = \frac{\Pi d_{c.mp}^2}{4}$  - площадь живого сечения потока воды в трубопроводе, м<sup>2</sup>;

$d_{c.mp}$  - внутренний диаметр самотечной трубы, м;

$H_n$  - напор воды в накопителе, м.

Так как при истечении воды из накопителя уровень ее понижается, то опорожнение накопителя будет происходить при переменном напоре.

Однако, в связи с тем, что площадь свободной поверхности жидкости  $S_{свн}$  в накопителе намного больше площади живого сечения вытекающей воды из самотечной трубы ( $S_{свн} > \omega_{c.mp}$ ), незначительным приращением начального напора воды в накопителе  $H_n$  можно пренебречь. Поэтому время истечения жидкости из накопителя можно определить по формуле [51, 52, 53]

$$t_{uct} = \frac{2V_{min.з.}}{3600Q_n}. \quad (2.54)$$

Для обеспечения во время поения овец водой в полном объеме необходимо, чтобы время истечения рабочего объема воды из накопителя равнялось времени поения отары, т.е.  $t_{uct} = T_{no}$

Тогда

$$T_{no} = \frac{2V_{min.з.}}{3600\mu_{c.mp}\omega_{c.mp}\sqrt{2gH_n}}. \quad (2.55)$$

Отсюда определяем необходимый начальный напор воды в резервуаре

$$H_n = \frac{V_{min.з.}^2}{1800^2 2g T_{no}^2 \mu_{c.mp}^2 \omega_{c.mp}^2}. \quad (2.56)$$

В связи с тем, что при поении отары самотечная труба должна обеспечить расход, вычисляемый по формулам (2.51) и (2.53), диаметр самотечной трубы рассчитывается как

$$d_{c.mp} = \sqrt{\frac{i_{e.s} Q_{нса.ч} T_{отб}}{900 T_{no} \pi g_{c.mp}}}, \quad (2.57)$$

где  $g_{c.mp}$  - рекомендуемая скорость движения воды в самотечной трубе, м/с.

Вычисленное значение диаметра самотечной трубы округляют до ближайшего стандартного размера.

Длину самотечной трубы рекомендуется принять согласно санитарным требованиям, т.е.  $L_{стр} = 10 \dots 15$  м [54, 55].

Работа подсистемы «самотечный трубопровод – водопойное корыто» описывается условием

$$Q_{стр} = Q_{вк}. \quad (2.58)$$

Зная, что [3]

$$Q_{вк} = 0,001 q_{ин} N_n, \quad (2.59)$$

условие (2.52) можно записать в виде

$$Q_n = 0,001 q_{ин} N_n, \quad (2.60)$$

откуда получаем

$$N_n = \frac{Q_n}{0,001 q_{ин}}, \quad (2.61)$$

или, учитывая (2.51)

$$N_n = \frac{i_{e.в} Q_{нса.ч} T_{отб}}{3600 \cdot 10^{-3} T_{п.о} q_{ин}}. \quad (2.62)$$

Значения параметров  $L_{вк}$ ,  $n_{пж}$ ,  $T_{осут}$ ,  $V_{всут}$  определяют по формулам (2.20), (2.22), (2.25) и (2.28).

### **2.3 Обоснование конструктивно – технологической схемы устройства для поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой**

Выше указывалось, что в предлагаемой технологии поверхностный способ отбора воды из пресной линзы в специальную емкость введен с целью сохранения природного качества отбираемой воды из колодца-копая. Технологический процесс содержит две операции: поверхностный отбор воды в специальную емкость и подъем воды из емкости для подачи ее потребителю или накопитель. Поэтому при разработке устройства позволяющего реализовать при функционировании эти две операции нами были сформулированы следующие требования:

- надежно обеспечивать стабильный отбор только пресной воды;
- не вызывать взмучивание воды в колодце-копане при водоотборе;
- обеспечивать регулируемый поверхностный отбор воды по объему, соответствующий подаче насосного или водоподъемного оборудования;
- обеспечивать максимальный отбор имеющегося в копани полезного объема воды;
- простота конструкции, эксплуатации и ремонта;
- простота монтажных и демонтажных работ;
- возможность совместного функционирования с насосом (водоподъемником);
- надежность технологического процесса в целом;
- возможность охвата широкого диапазона параметров водоподъема на пастбищах.

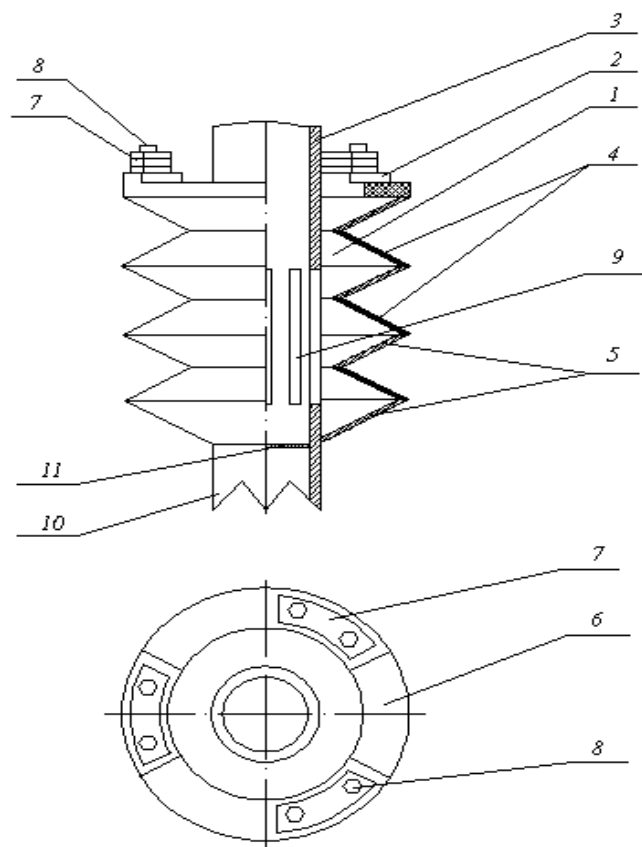
В качестве первого элемента в описанной технологической схеме, на наш взгляд, следовало бы использовать устройство для поверхностного отбора воды, предложенное учеными Туркменского СХИ [40]. Данное устройство предназначено для отбора воды из подземных линз, залегающих на высокоминерализованных водах. Однако анализ функционирования устройства показал их невысокую эффективность (см. подраздел 1.3).

Наиболее полно удовлетворяет предъявляемым требованиям водоотборное устройство конструкции Г.С. Гумарова [41], но сложность его изготовления и невозможность использования различных по величине подачи насосов (водоподъемников) ограничивает их применение. Поэтому, взяв за основу эти конструкции водоотборных устройств и используя морфологический метод, нами были предложены два технических решения, которые дают положительный эффект и обладают новизной, что подтверждается предпатентами на изобретения [56, 57].

Синтез двух новых технических решений позволил разработать перспективную конструктивно-технологическую схему и создать устройство поверхностного отбора воды из пастбищных колодцев-копаней [57].

Устройство поверхностного отбора воды, в соответствии с рисунком 2.4, состоит из водоприемного резервуара 1, поплавка 2 и водозаборной трубы 3.

Водоприемный резервуар 1 изготовлен в виде гофрированной оболочки, которая выполнена из последовательно чередующихся одинаковых по размеру, противоположно расположенных и соединенных между собой металлических 4 и резиновых 5 кольцевых оболочек в виде усеченных конусов. Гофрировка резервуара выполнена одинаковой по глубине и имеет пильчатый профиль.



1 – водоприемный резервуар; 2 – поплавок; 3 – водозаборная труба; 4 – металлические кольцевые оболочки; 5 – резиновые кольцевые оболочки; 6 – водопропускные каналы; 7 – пакеты съемных пластин; 8 – болтовые соединения; 9 – отверстия; 10 – зубья; 11 – днище

**Рисунок 2.4 – Конструктивно – технологическая схема устройства  
поверхностного отбора воды**

Нижняя часть водоприемного резервуара 1 закреплена к водозаборной трубе 3, а верхняя к поплавку 2. Кроме того, водоприемный резервуар 1 установлен с возможностью перемещения относительно водозаборной трубы 3. Поплавок 2 устройства, выполненный в виде кругового кольца с водопропускными каналами 6 на верхней поверхности, снабжен пакетами съемных металлических пластин 7. При этом металлические пластины 7 установлены и закреплены с помощью болтовых соединений 8 на верхней поверхности поплавка 2 между водопропускными каналами 6 выполнены в виде сегментов и имеют прямоугольное поперечное сечение. На боковой поверхности нижней части водозаборной 3 трубы имеются прямоугольные отверстия 9. По периметру нижней кромки водозаборной трубы 3 вырезаны зубья 10. Кроме того, внутри трубы 3 имеется сплошная поперечная перегородка, представляющая собой ее днище 11.

После рытья колодца-копани устройство для поверхностного отбора воды устанавливается по центру его дна. При этом для внедрения зубьев 10 в дно колодца используют метод удара. Насосно силовой агрегат закрепляется на водозаборной трубе.

Наличие пакета съемных металлических пластин 7 позволяет регулировать водопрпускную способность водопрпускных каналов 6 поплавка 2, т.е. в зависимости от величины эффективной подачи насосной установки методом подбора соответствующего количества пластин 7 устанавливают требуемую величину погружения поплавка 2 (напор на пороге водопрпускных каналов 6). Эту операцию выполняют до спуска устройства в копань. По мере накопления воды в колодце-копани поплавков 2 за счет собственного веса погружается в жидкость и удерживается на ней в результате воздействия силы Архимеда [48,58]. При этом основания водопрпускных каналов 6 поплавка 2 располагаются ниже уровня воды в колодце-копани. Вода начинает поступать в водоприемный резервуар 1. Заполнение водоприемного резервуара и водозаборной трубы происходит до статического уровня воды в колодце-копани.

Устройство для поверхностного отбора воды функционирует следующим образом. Приводится в действие насосно-силовой агрегат, который осуществляет из водозаборной трубы 3 безнапорную или напорную подачу воды со сливом в расположенный рядом с колодцем-копанем накопительный резервуар или водопойное корыто. Из последних производится водопотребление. По мере выкачивания пресной воды из водозаборной трубы 3 мощность пресной линзы убывает, одновременно с этим под действием силы тяжести опускаются поплавков 2 с пакетом съемных металлических пластин 7 и металлические кольцевые оболочки 4 в виде усеченного конуса. В результате уменьшается натяжение резиновых кольцевых оболочек 5, которые деформируясь, равномерно ложатся на внутреннюю поверхность находящегося ниже металлического кольцевого оболочки 4. В итоге этих перемещений происходит посадка металлических 4 и резиновых 5 кольцевых оболочек, в соответствии с рисунком 2.5, конус в конус. Если поплавков 2 окажется на подстилающей высокоминерализованной воде, то дно вырезов 6 поплавка 2 будет выше подстилающей жидкости вследствие большей разности удельных весов поплавка 2 и подстилающей высокоминерализованной воды. В этом случае вода в водоприемный резервуар 1 поступать не будет. Распирающее действие металлических кольцевых оболочек 4 препятствует сжатию резиновых оболочек 5 водоприемного резервуара 1, вызванных действием результирующей силы гидростатического давления со стороны высокоминерализованной воды. Наличие металлических кольцевых оболочек 4 позволяет предотвратить прижатие эластичных частей водоприемного резервуара 1 к внешней боковой поверхности водозаборной трубы 3 и обеспечивает стабильное поступление воды в нее.

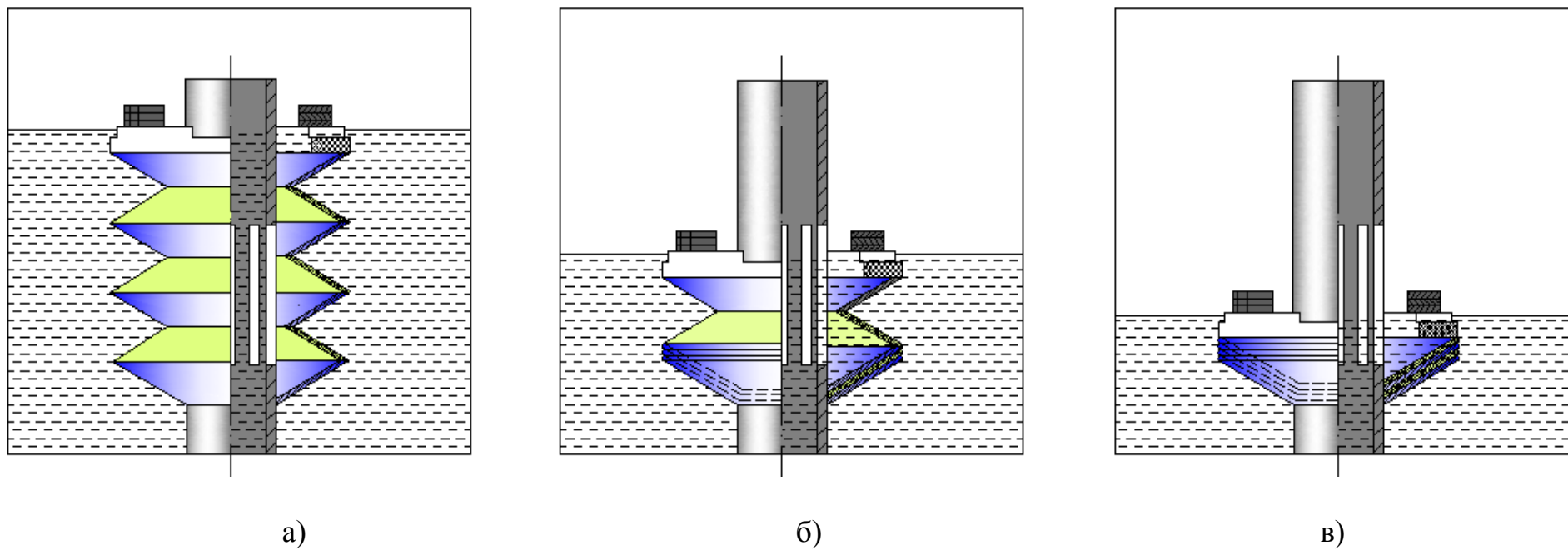


Рисунок 2.5 – Схема работы устройства поверхностного отбора воды

В результате откачки воды из копаня и посадки оболочек 4 и 5 конус в конус поплавков 2 окажется в крайнем нижнем положении. Поступление воды в водоотборную трубу 3 прекратится. Насосно-силовой агрегат отключают.

Очередную откачку производят после восстановления объема воды в колодце-копане до статического уровня.

Значительная часть пастбищных колодцев построено на сыпучем грунте и характеризуется периодическим использованием и заиленностью наносами [42, 49, 59, 60, 61, 62]. Наносы имеют примерно одинаковый механический состав в колодцах, расположенных в степных, полупустынных и пустынных зонах. Эти наносы представляют собой мелкозернистую супесь с содержанием фракции песка размером 0,05-1 мм до 70-90%. Загрязненность колодцев механическими примесями достигает 80%, а толщина слоя этих наносов составляет в среднем 0,4-0,6 м [3].

При существующей машинной технологии подъема воды из вышеназванных водоисточников в результате взмучивания воды нарушается ее качество и увеличивается износ основных рабочих органов водоподъемных агрегатов механическими примесями, содержащимися в воде. Кроме того, у шахтных колодцев с боковым приемом воды в результате размыва разрушается водоприемная часть.

На основании проведенного анализа установлена необходимость двухстадийного отбора воды, когда вода первоначально отбирается в специальную емкость, установленную в водоприемной части колодца, откуда вода извлекается водоподъемной установкой поточной линии УПО-НСА.

Применение поточной линии позволяет предотвратить взмучивание воды и тем самым улучшить органолептические показатели качества воды и увеличить срок службы НСА.

После максимально возможной откачки воды из колодца-копаня сначала производят демонтаж насосно-силового агрегата линии, а затем устройства поверхностного отбора воды.

## **2.4 Математическое моделирование устройства для поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой**

В целях обоснования конструктивно-режимных параметров устройства поверхностного отбора воды, в соответствии с рисунком 2.6, рассмотрим все действующие силы на данный объект [48, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70].

Нормальная работа устройства будет обеспечена в случае выполнения условия [48]

$$F_{yno} \leq G_{yno} \quad (2.63)$$

где  $F_{yno}$  - суммарная выталкивающая сила Архимеда, действующая на устройство поверхностного отбора воды, Н;

$G_{yno}$  - суммарная сила тяжести устройства поверхностного отбора воды, Н.

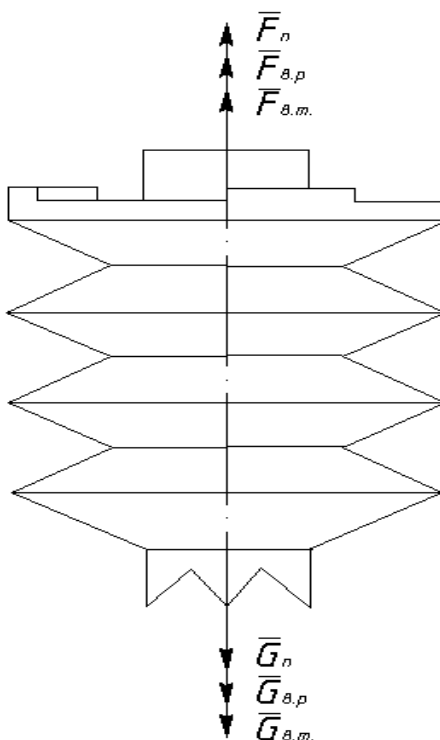


**Рисунок 2.6 – Схема действующих сил на устройство поверхностного отбора воды**

Суммарная сила Архимеда, действующая на устройство, определяется по выражению

$$F_{yno} = F_n + F_{вр} + F_{вт}, \quad (2.64)$$

где  $F_n$  - выталкивающая сила поплавка, Н;

$F_{вр}$  - выталкивающая сила водоприемного резервуара, Н;

$F_{вт}$  - выталкивающая сила водозаборной трубы, Н.

Используя закон Архимеда [39,48] можно написать, в соответствии с рисунком 2.7, выражение для определения выталкивающей силы поплавка

$$F_n = 0,25 \rho_g g k_n \left\{ \pi h_n (D_n^2 - d_n^2) - h_k \left[ \pi (D_n^2 - d_n^2) - n_c \left( \frac{\pi D_n^2 \beta_n}{360} - D_n d_n \sin \frac{\beta_n}{2} \right) \right] \right\}, \quad (2.65)$$

где  $\rho_g$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$k_n$  - коэффициент, характеризующий степень погружения поплавка в воду;

$h_n$  - высота поплавка, м;

$D_n$  - наружный диаметр поплавка, м;

$d_n$  - внутренний диаметр поплавка, м;

$h_k$  - высота водопропускного канала, м;

$n_c$  - количество сегментообразных участков на металлические пластины, шт;

$\beta_n$  - центральный угол сегментообразного участка, град.

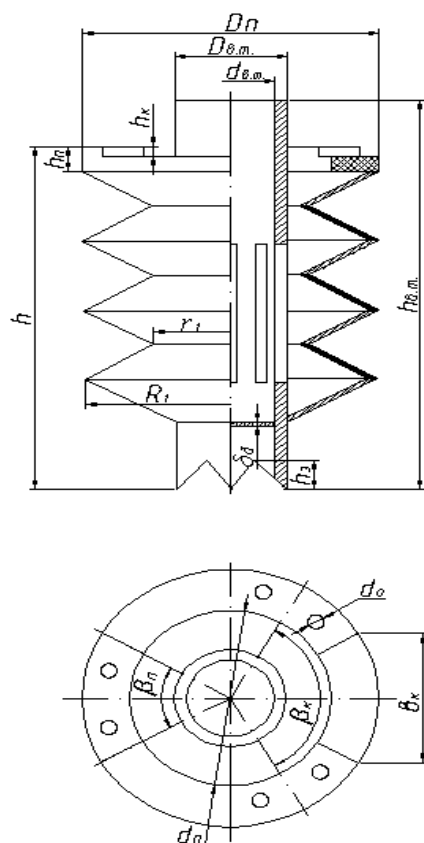


**Рисунок 2.7 – Расчетная схема устройства поверхностного отбора воды**

Учитывая, что водоприемный резервуар, в соответствии с рисунком 2.8, представляет собой пустотелые металлические и резиновые оболочки в виде усеченного конуса, выталкивающую силу водоприемного резервуара можно определить по следующей формуле [39, 48, 64, 69, 70]

$$F_{\text{в.р}} = \rho_{\text{в}} g n_{\text{об}} \frac{1}{3} \pi h_{\text{об}} \left[ (R_1^2 + r_1^2 + R_1 r_1) - (R_2^2 + r_2^2 + R_2 r_2) \right] \quad (2.66)$$

где  $n_{\text{об}}$  - общее количество металлических и резиновых оболочек, шт;  
 $h_{\text{об}}$  - высота кольцевых оболочек, м;  
 $R_1$  - внешний радиус большого основания кольцевой оболочки, м;  
 $R_2$  - внутренний радиус большого основания кольцевой оболочки, м;  
 $r_1$  - внешний радиус малого основания кольцевой оболочки, м;  
 $r_2$  - внутренний радиус малого основания кольцевой оболочки, м.

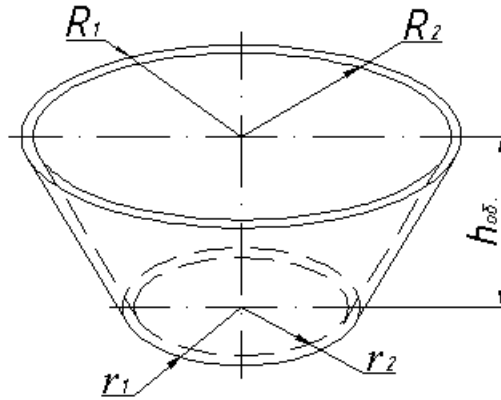


**Рисунок 2.8 – Геометрические размеры кольцевой оболочки в виде усеченного конуса**

Выталкивающая сила водозаборной трубы, в соответствии с рисунком 2.9, определяется по выражению [39, 48, 67, 70]

$$F_{\text{в.т.}} = \rho_{\text{в}} g \left[ \frac{k_{\text{в.т.}} \pi h_{\text{в.т.}} (D_{\text{в.т.}}^2 - d_{\text{в.т.}}^2)}{4} - n_{\text{отв}} h_{\text{отв}} \frac{\pi \alpha_{\text{отв}}}{4 \cdot 360} (D_{\text{в.т.}}^2 - d_{\text{в.т.}}^2) + \frac{\pi d_{\text{в.т.}}^2}{4} \delta_{\text{д}} - \frac{\pi D_{\text{в.т.}} h_3}{2 n_3} \left( \frac{D_{\text{в.т.}} - d_{\text{в.т.}}}{2} \right) \right] \quad (2.67)$$

где  $k_{\text{в.т.}}$  - коэффициент, характеризующий степень погружения водозаборной трубы в воду;  
 $h_{\text{в.т.}}$  - высота водозаборной трубы, м;  
 $D_{\text{в.т.}}$  - наружный диаметр водозаборной трубы, м;  
 $d_{\text{в.т.}}$  - внутренний диаметр водозаборной трубы, м;  
 $n_{\text{отв}}$  - количество отверстий в водозаборной трубе, м;  
 $h_{\text{отв}}$  - высота отверстия водозаборной трубы, м;  
 $\alpha_{\text{отв}}$  - центральный угол отверстия водозаборной трубы, град;  
 $h_3$  - высота зуба водозаборной трубы, м;  
 $n_3$  - количество зубьев водозаборной трубы, шт;  
 $\delta_{\text{д}}$  - толщина днища водозаборной трубы, м.

Суммарную силу тяжести устройства поверхностного отбора воды можно выразить следующей формулой [39, 48, 64, 70]

$$G_{yno} = G_n + G_{ep} + G_{em}, \quad (2.68)$$

где:  $G_n$  - сила тяжести поплавка, Н;

$G_{ep}$  - сила тяжести водоприемного резервуара, Н;

$G_{em}$  - сила тяжести водозаборной трубы, Н.

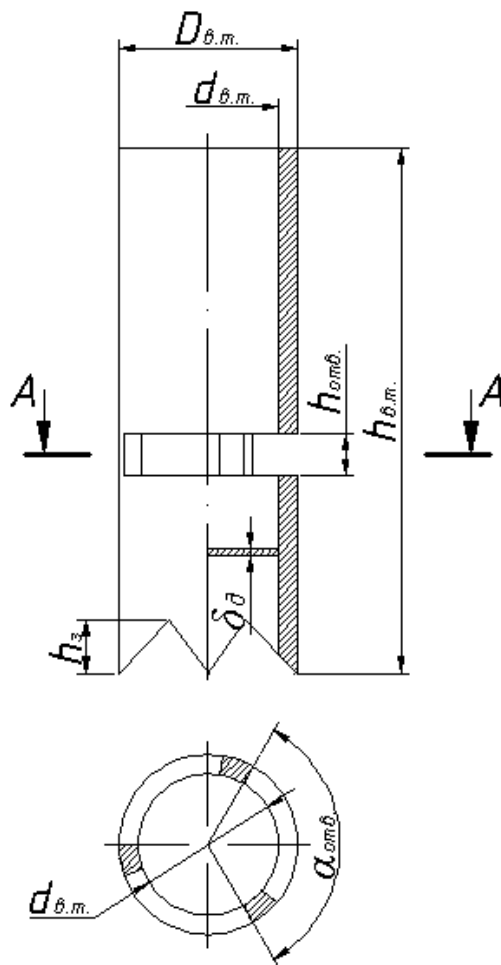


Рисунок 2.9 – Расчетная схема водозаборной трубы

Сила тяжести поплавка определяется по формуле

$$G_n = 0,25\gamma_n \left\{ \pi h_n (D_n^2 - d_n^2) - h_k \left[ \pi (D_n^2 - d_n^2) - n_c \left( \frac{\pi D_n^2 \beta_n}{360} - D_n d_n \sin \frac{\beta_n}{2} \right) \right] \right\}, \quad (2.69)$$

где  $\gamma_n$  - удельный вес материала, из которого изготовлен поплавок, Н/м<sup>3</sup>.

Сила тяжести водоприемного резервуара выражается зависимостью [48, 57, 71]

$$G_{\text{в.р.}} = \gamma_{\text{м}} n_{\text{м}} \frac{1}{3} \pi h_{\text{об}} \left[ (R_1^2 + r_1^2 + R_1 r_1) - (R_2^2 + r_2^2 + R_2 r_2) \right] + \gamma_{\text{р}} n_{\text{р}} \frac{1}{3} \pi h_{\text{об}} * , \quad (2.70)$$

$$* \left[ (R_1^2 + r_1^2 + R_1 r_1) - (R_2^2 + r_2^2 + R_2 r_2) \right]$$

где  $\gamma_{\text{м}}$  - удельный вес металлической кольцевой оболочки, Н/м<sup>3</sup>;

$n_{\text{м}}$  - количество металлических кольцевых оболочек;

$\gamma_{\text{р}}$  - удельный вес резиновой кольцевой оболочки, Н/м<sup>3</sup>;

$n_{\text{р}}$  - количество резиновых кольцевых оболочек.

Сила тяжести водозаборной трубы определяется равенством

$$G_{\text{в.т.}} = \gamma_{\text{в.т.}} \left[ \frac{\pi h_{\text{в.т.}} (D_{\text{в.т.}}^2 - d_{\text{в.т.}}^2)}{4} - n_{\text{омб}} h_{\text{омб}} \frac{\pi \alpha_{\text{омб}} (D_{\text{в.т.}}^2 - d_{\text{в.т.}}^2)}{4 \cdot 360} - \frac{\pi D_{\text{в.т.}} h_3}{2 n_3} \left( \frac{D_{\text{в.т.}} - d_{\text{в.т.}}}{2} \right) + \frac{\pi h_{\text{в.т.}}^2}{4} \delta_{\text{д}} \right], \quad (2.71)$$

где  $\gamma_{\text{в.т.}}$  - удельный вес материала, из которого изготовлена водоотборная труба, Н/м<sup>3</sup>.

Кроме того, для реализации выше описанного принципа работы устройства поверхностного отбора воды должно выполняться условие

$$F_{\text{н}} = G_{\text{в.р.}} - F_{\text{в.р.}} \quad (2.72)$$

Анализ полученных выражений показывает, что при проектировании устройства поверхностного отбора воды баланс действующих сил эффективнее всего создавать за счет изменения силы  $F_{\text{н}}$ . На практике это достигается изменением высоты поплавка  $h_{\text{н}}$ .

Водопропускная способность устройства поверхностного отбора воды определяется по формуле 2.9

$$Q_{\text{у.н.о.}} = \mu_{\text{к}} n_{\text{к}} \epsilon_{\text{к}} \sqrt{2g} H_{\text{к}}^{1.5} ,$$

Геометрический напор на пороге водопропускного канала  $H_{\text{к}}$  определяется на расстоянии  $\ell_{\text{в}} = (3 \dots 5) H_{\text{к}}$  от внешней стенки поплавка, м.

Ширину водопропускного канала на поплавке [16, 39] можно вычислить с помощью выражения

$$\epsilon_{\text{к}} = d_{\text{н}} \sin \frac{\beta_{\text{к}}}{2}, \quad (2.73)$$

где  $\beta_{\text{к}}$  - центральный угол водопропускного канала, град.

или

$$\epsilon_{\text{к}} = 1,732 \frac{d_{\text{н}}}{2} . \quad (2.74)$$

Величину центрального угла водопропускного канала определяют по формуле

$$\beta_{\text{к}} = \frac{360^{\circ}}{n_{\text{к}}} . \quad (2.75)$$

Масса устройства поверхностного отбора воды

$$m_{\text{у.н.о.}} = \frac{G_{\text{у.н.о.}}}{g} . \quad (2.76)$$

При определении конструктивно-режимных параметров водозаборной трубы необходимо исходить из того, что нормальная работа насосно-силовой установки может быть обеспечена, если, поступающая через водопропускные каналы поплавка в водоприемный резервуар вода, будет своевременно перетекать в водозаборную трубу через, имеющиеся в ее теле, отверстия, то есть следует исходить из условия [48]

$$Q_{отв} \geq Q_{упо}, \quad (2.77)$$

где  $Q_{отв}$  - суммарная водопропускная способность отверстий водозаборной трубы, м<sup>3</sup>/с:

$$Q_{отв} = S_{отв} g_{отв} n_{отв}, \quad (2.78)$$

где  $S_{отв}$  - площадь отверстия водозаборной трубы, м<sup>2</sup>, которая определяется как

$$S_{отв} = \frac{h_{отв} Pr_{в.т} \alpha_{отв}}{180}, \quad (2.79)$$

где  $r_{вт}$  - внутренний радиус водозаборной трубы, м;

$g_{отв}$  - скорость перетекания воды из водоприемного резервуара в водозаборную трубу, м/с.

Выше приведенные теоретические положения служили базой для расчета основных конструктивных параметров устройства поверхностного отбора воды.

По конструктивным соображениям, из сортаментного типоразмерного ряда полиэтиленовых высокопрочных труб выбираем трубу с номинальным наружным диаметром  $D_{ном} = 280$  мм, с условным давлением  $P = 2,5$  кгс/см<sup>2</sup> и с условным проходом  $D = 250$  мм: «труба 2,5-250 ПВП МРТУ 2,5 № = 0,5-917-63» При выборе данного типа труб важнейшими технико-экономическими предпосылками послужили: экономия дефицитных стальных труб, малая масса трубы (масса 1 м трубы – 5,05 кг), увеличение срока службы и уменьшение затрат на изготовление водозаборной трубы, монтаж и обслуживание при эксплуатации.

Трубы из полимеров имеют ряд преимуществ по сравнению с металлическими. Они не подвергаются коррозии, обладают высокими санитарно-гигиеническими качествами, практически имеет постоянную пропускную способность отверстий в теле трубы.

В целях обеспечения устойчивости поплавка было принято количество водопропускных каналов  $n_k = 3$ . По конструктивным соображениям и путем расчетов с использованием формул (2.67 - 2.78) были получены следующие основные параметры элементов устройства поверхностного отбора воды:

– внутренний диаметр поплавка – 580 мм;

- количество водопропускных каналов – 3;
- центральный угол водопропускного канала - 120°;
- наружный диаметр водозаборной трубы – 280 мм;
- внутренний диаметр водозаборной трубы – 266 мм;
- количество отверстий в водозаборной трубе – 3;
- высота отверстий водозаборной трубы – 15 мм;
- центральный угол отверстий водозаборной трубы - 60°.

Таким образом, полученные выражения позволяют произвести расчет режимов водопойных пунктов на базе колодца-копаня в зависимости от гидрогеологических характеристик колодца и поголовья животных в отаре (стаде), а также на стадии проектирования определить основные конструктивно-режимные и геометрические параметры элементов конструкции устройства поверхностного отбора воды из колодцев-копаней.

Оптимальные параметры некоторых величин необходимо определить по результатам экспериментальных исследований.

## **Выводы по 2 разделу**

1. Структурный анализ технологий водоснабжения животных на пастбищах позволил разработать рациональную технологическую схему водопоя из колодцев-копаней.

2. На основе теоретических исследований работы пастбищного водопойного пункта на базе колодцев-копаней построена структурная схема водопойного пункта и определены условия функционирования колодцев-копаней с большим и малым дебитами.

3. Предложены аналитические выражения для расчета поголовья овец в отаре, которое может обслужить водопойный пункт за сутки, в зависимости от геометрических и гидравлических параметров колодца-копаня при двухстадийном отборе воды.

4. Теоретическое описание процесса двухстадийного отбора воды, а также анализ рабочих процессов устройств поверхностного отбора воды позволили:

- обосновать конструктивно-технологическую схему перспективного водоотборного устройства из пастбищных колодцев-копаней;
- предложить аналитические выражения для определения водопропускной способности устройства поверхностного отбора воды;
- анализировать динамику поступления воды в водоприемный резервуар, как водослив с широким порогом, в зависимости от изменения геометрического напора;
- определить основные геометрические параметры устройства поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой.

### 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1 Программа экспериментальных исследований

Программой экспериментальных исследований предусматривалось проведение следующих испытаний:

- выбор критерия оптимизации процесса поверхностного отбора воды из колодцев-копаней;
- проведение отсеивающих экспериментов с целью выявления наиболее значимых факторов;
- получение уравнения регрессии критерия оптимизации и определения оптимальных конструктивно-технологических и режимных параметров устройства поверхностного отбора воды из колодцев;
- определение коэффициента расхода водоотборного устройства  $\mu_k$ ;
- установление зависимости водопропускной способности каналов водоотборного устройства от геометрического напора  $Q_{yno} = f(H_k)$ ;
- установление зависимости водопропускной способности каналов водоотборного устройства от суммарной массы пакета сменных пластин  $Q_{yno} = f(m_n)$ .

Согласно намеченной программе, экспериментальные исследования проводили в следующем порядке:

- а) разработка и изготовление лабораторного образца предложенного устройства и компоновка линии;
- б) разработка методики экспериментальных исследований;
- в) изготовление экспериментального стенда и оснащение его измерительно- регистрирующими приборами;
- г) проведение лабораторных исследований, обработка опытных данных и анализ результатов испытаний;
- д) изготовление и производственное испытание опытной партии предлагаемого устройства поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой в линии поения животных.

Надежность опытов в зависимости от их характера оценивалась по рекомендациям [70, 71]. Обработка опытных данных провели методами математической статистики с применением ЭВМ, снабженного пакетом программного обеспечения Statistica 7,0.

Для реализации программы исследований был спроектирован и изготовлен стенд с аппаратурным оформлением для определения коэффициента расхода устройства поверхностного отбора воды, водопропускной способности каналов в зависимости от суммарной массы пакета сменных пластин и геометрического напора, а также оценки работоспособности водоотборного устройства в линии водообеспечения животных на пастбищах.

## **3.2 Описание экспериментальной установки с измерительно-регистрирующим комплексом**

### **3.2.1 Стенд для определения коэффициента расхода воды устройства поверхностного отбора с гофрированной оболочкой**

Коэффициент расхода водоотборного устройства определяли на экспериментальном стенде [72], схема и общий вид которого представлены на рисунках 3.1 и 3.2.

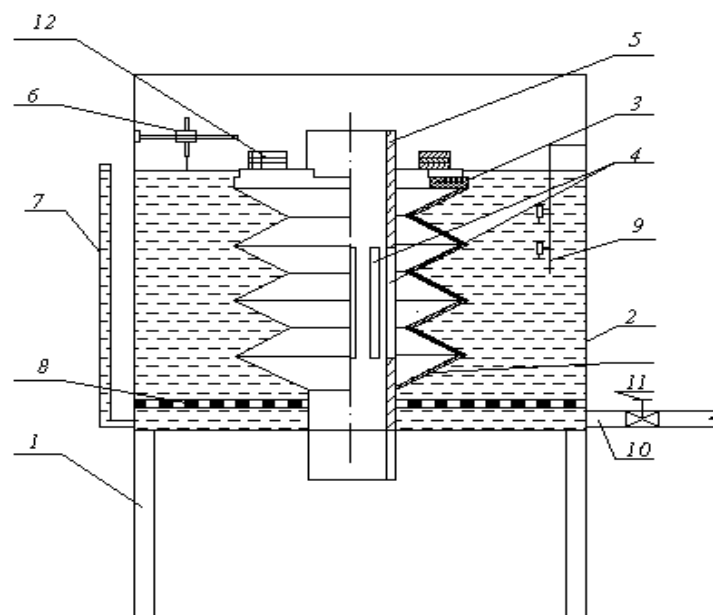
Экспериментальный стенд (рисунки 3.1, 3.2) состоит из рамы 1, резервуара 2, водоотборного устройства 3. Конструкция водоотборного устройства разработана на основе конструктивно-технологической схемы, полученной методом синтеза двух новых технологических решений предпатентов №№ 14347, 20721[56, 57]. Принцип работы и описание конструкции водоотборного устройства приведены в разделе 2 (п.2.3).

В экспериментальных исследованиях резервуар 2 использовался в качестве водоисточника, при этом одна из его боковых стенок, для визуальных наблюдений, была выполнена из органического стекла.

Для гашения волн воды, подаваемой из напорного водопровода 10 краном 11, резервуар 2 снабжен успокоителем 8, который выполнен в виде перфорированной пластины. Положение уровня воды в резервуаре 2, при установленном расходе жидкости через водоотборное устройство 3, контролировалось с помощью пьезометра 7. Постоянный уровень воды в резервуаре 2, соответственно и ее расход в каждой серии опытов поддерживался краном 11.

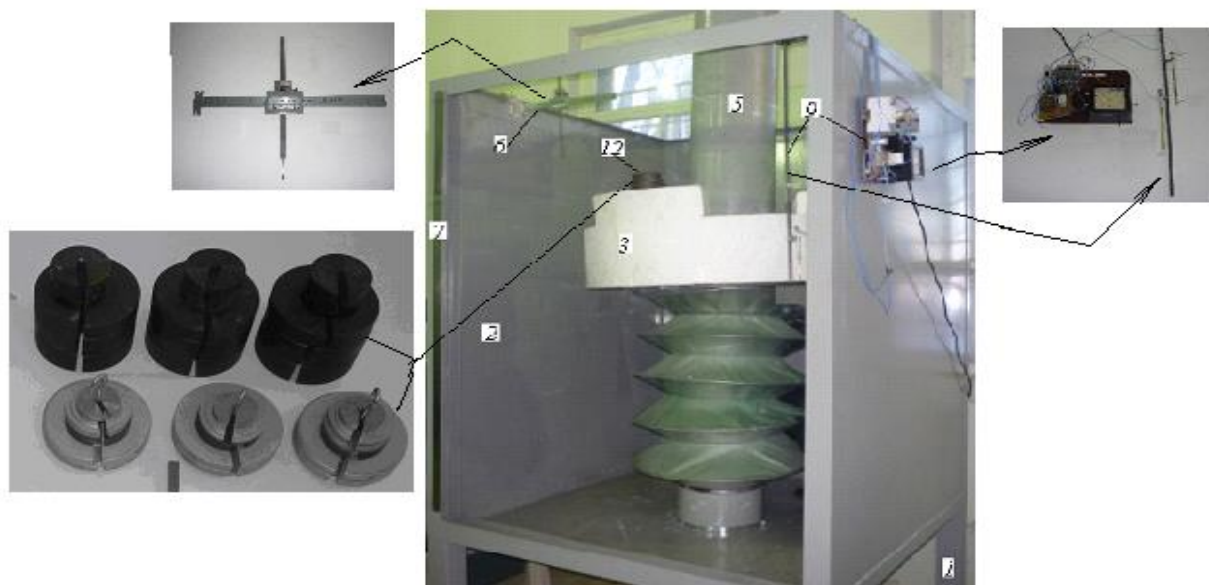
Напор  $H_k$  на пороге водопропускного канала поплавка водоотборного устройства 3, при каждой его загрузке пластинами определенной массы  $m_{пл}$ , замерялся с помощью мерной иглы (шпитценмасштаба) 6 (рис. 3.3), установленной над мерным сечением и прикрепленной к внутренней стороне стенки резервуара 2. Измерение расхода жидкости через водоотборное устройство 3 осуществлялось объемным способом, для этой цели внутри резервуара устанавливали датчики уровня электродного типа 9. Время расхода определенного объема жидкости из резервуара 2 фиксировалось автоматическим регистратором времени. Электрическая схема управления секундомером и принцип работы измерительно-регистрирующего комплекса описаны в подразделе 3.2.2. Измеряемые параметры при каждом опыте регистрировались одновременно.

Для проведения экспериментов применялись, в соответствии с рисунком 3.4, следующие приборы и принадлежности: автоматический регистратор времени, шпитценмасштаб, три комплекта гирь «Набор КГ-4-10» ГОСТ 7328-73.



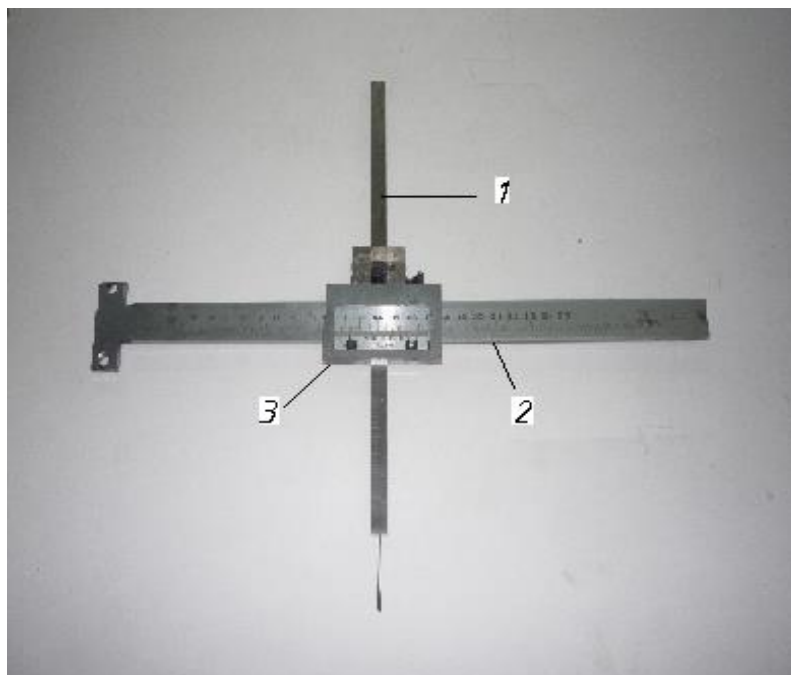
1 – рама, 2 – резервуар, 3 – водоотборное устройство, 4 – отверстия, 5 – водоотводящая труба, 6 – шпитценмасштаб, 7 – пьезометр, 8 – успокоитель, 9 – датчики уровня электродного типа, 10 – напорный водопровод, 11 – кран, 12 – пакет съемных пластин.

**Рисунок 3.1 – Схема экспериментального стенда для определения коэффициента расхода водоотборного устройства**



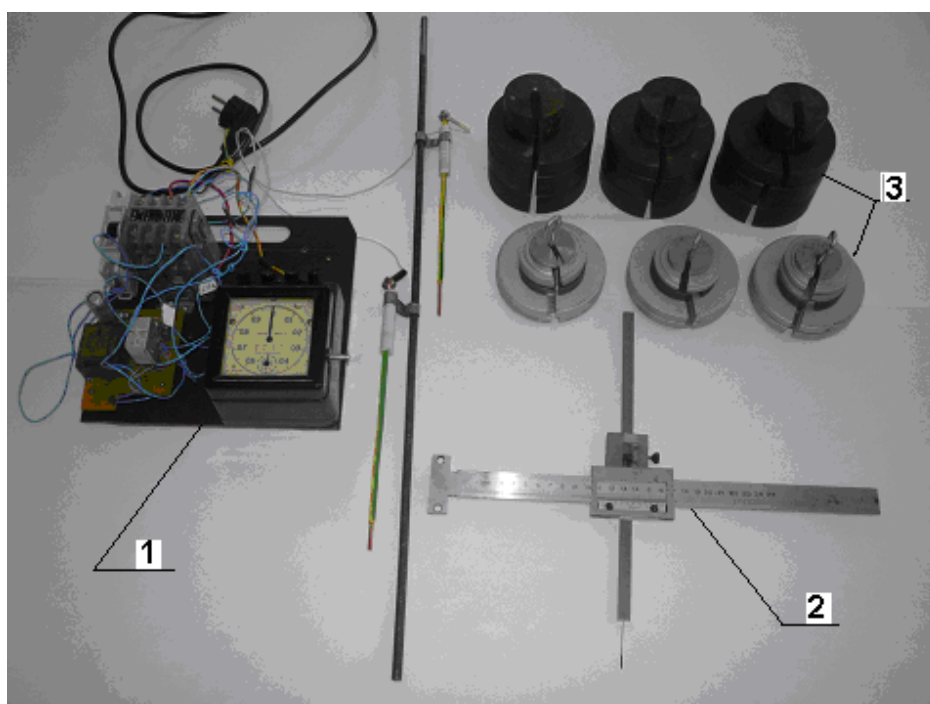
1 – рама, 2 – резервуар, 3 – водоотборное устройство, 5 – водоотводящая труба, 6 – шпитценмасштаб, 7 – пьезометр, 9 – датчики уровня электродного типа, 12 – пакет съемных пластин.

**Рисунок 3.2 – Общий вид экспериментальной установки для определения коэффициента расхода водоотборного устройства**



1, 2 – вертикальная и горизонтальная линейки, 3 – направляющая рама.

**Рисунок 3.3 – Общий вид шпитценмасштаба**



1 – автоматический регистратор времени, 2 – шпитценмасштаб,  
3 – комплект гирь «Набор КГ-4-10» ГОСТ 7328-73.

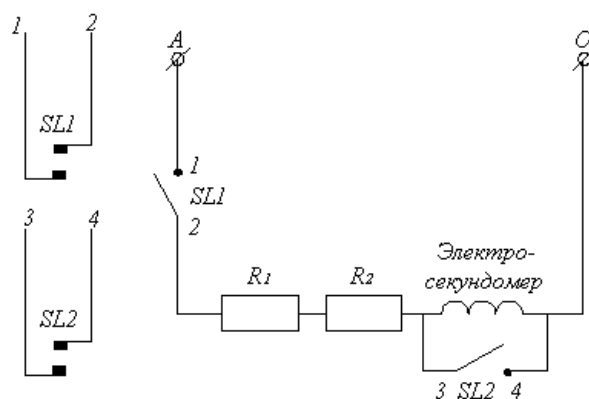
**Рисунок 3.4 – Измерительно-регистрирующие комплексы и принадлежности**

### 3.2.2 Описание измерительно-регистрирующих комплексов

К измерительно-регистрирующим комплексам относятся шпитценмасштаб и автоматический регистратор времени.

Шпитценмасштаб устанавливается над мерным сечением и прикрепляется к внутренней стороне стенки резервуара для измерения напора  $H_K$  на пороге водопропускного канала поплавка водоотборного устройства, при каждой его загрузке пластинами определенной массы  $m_{пл}$ . Шпитценмасштаб, в соответствии с рисунком 3.3, состоит из вертикальной 1 и горизонтальной 2 линейек, - направляющей рамы 3. Вертикальную линейку 1 можно смещать вдоль горизонтальной линейки 2 и по вертикали в зависимости от уровня воды над мерным сечением с помощью рамы 3.

С целью определения подачи было разработано устройство для автоматической регистрации времени истечения из резервуара определенного объема воды. Электрическая схема управления секундомером дана на рисунке 3.5.



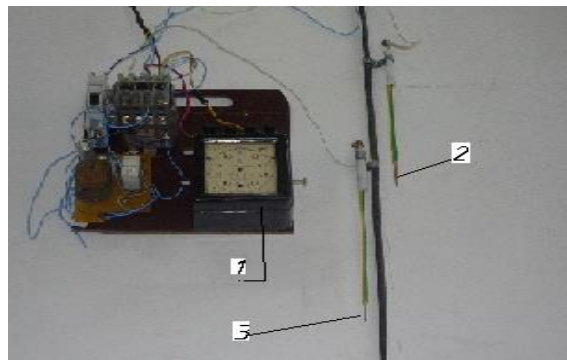
SL1, SL2 – контакты верхнего и нижнего уровней,  $R_1$ - добавочный резистор на 127 В,  $R_2$  – добавочный резистор на 220 В, А – силовая фаза, О – нулевой провод

Рисунок 3.5 – Схема датчика уровня воды электродного типа

В соответствии с рисунком 3.5 данная электрическая схема работает следующим образом. Включают автоматический выключатель, подающий напряжение на электрическую схему. Когда уровень воды в резервуаре опускается до верхнего электрода датчика уровней замыкается контакт SL1, секундомер получает питание и начинает отчет времени. При работе устройства для поверхностного отбора воды уровень воды в резервуаре понижается, при достижении воды нижнего уровня замыкается контакт SL2 и обесточивает катушку при этом секундомер теряет питание и фиксируется время истечения определенного объема воды.

Таким образом, можно замерить время истечения воды из резервуара.

Общий вид устройства для автоматической регистрации времени истекания из резервуара определенного объема воды показано на рисунке 3.6.



1 – электросекундомер, 2, 3 – верхний и нижний электроды

**Рисунок 3.6 - Автоматический регистратор времени**

Описанные выше измерительно-регистрирующие приборы обеспечивают измерение  $H_k$  на пороге водопропускного канала и объем расхода жидкости в единицу времени.

### **3.3 Методика экспериментальных исследований**

Для определения опытного коэффициента расхода  $\mu_k$  водоотборного устройства и установления характера расхода воды  $Q_{yno.}$  через него в зависимости от напора воды  $H_k$  на пороге водопропускного канала, т.е.  $Q_{yno} = f(H_k)$ , эксперименты проводили, в соответствии с рисунком 3.1, в следующем порядке.

Плавное открыв кран 11, воду подают из водопровода 10 в напорный резервуар 2. Вода, пройдя, успокоитель 8, заполняет напорный резервуар 2 до заданного уровня и поступает в водопропускные каналы водоотборного устройства 3, а затем через отверстия 4 поступает в центральную трубу 5. Фиксируют время истечения  $t_u$  определенного объема жидкости  $V_u$  в резервуаре. С помощью крана 11, путем наблюдения за уровнем воды в резервуаре по пьезометру 7, регулируется и устанавливается постоянный расход воды через водопропускные каналы водоотборного устройства 3. Одновременно, используя мерную иглу 6, производят замеры напора  $H_k$  потока воды на пороге водопропускного канала. При этом значение напора  $H_k$  определяется как разность двух измерений по шпитценмасштабу, установленному на пороге водопропускного канала  $h_1$  водоотборного устройства 3 и свободной поверхности воды  $h_2$  в резервуаре 2, т.е.  $H_k = h_1 - h_2$ . Так как перед ним свободная поверхность воды имеет кривую спада, поэтому измерение уровня свободной поверхности воды  $h_2$  рекомендуется производить перед порогом водопропускного канала на расстоянии не

менее  $3H_k$ . Окончив измерение названных параметров, закрывают кран 11, и тем самым, прекращают подачу воды из водопровода 10. Последующие серии опытов проводили по описанной выше методике, после подбора очередной установленной массы пакета съемных пластин 12 и установки их на поплавки водоотборного устройства 3. Суммарная масса пакета съемных пластин при проведении эксперимента принималась соответственно  $m_n = 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,2; 4,5; 4,8; 5,1; 5,4$ ; кг.. Количество водопропускных каналов  $n_k = 3$ . Температура воды постоянная, равная  $18^\circ\text{C}$ . Все опыты проводились с пятикратной повторностью. Обработка опытных данных осуществлялось по известным методикам [62, 53, 64] и методами математической статистики при помощи ЭВМ, с использованием программы Microsoft Office Excel 2010.

По полученным результатам измерений рассчитывали расход воды через водоотборное устройство и коэффициент расхода воды за определенный промежуток времени.

Расход воды через водоотборное устройство определяется по формуле

$$Q_{y.n.o} = \frac{V_u}{t_u}, \quad (3.1)$$

где  $V_u$  - объем воды, поступающей в водоотборное устройство из резервуара,  $\text{м}^3$ ;

$t_u$  - время вытекания воды из резервуара, с.

Коэффициент расхода водоотборного устройства вычисляется по формуле

$$\mu_k = \frac{Q_{y.n.o}}{n_k \epsilon_k \sqrt{2gH_k^{1,5}}}. \quad (3.2)$$

Скорость поступления воды в водоприемный резервуар через водопропускные каналы поплавка можно определить по формуле

$$g_\epsilon = \frac{Q_{y.n.o}}{S_\epsilon}, \quad (3.3)$$

где  $S_\epsilon$  – площадь сечения воды, над каналом,  $\text{м}^2$ .

Площадь сечения воды, над каналом определяется по формуле

$$S_\epsilon = \epsilon_k H_k \quad (3.4)$$

Учитывая, что в экспериментальных исследованиях нашего объекта участвуют и взаимодействуют многие факторы, задача оптимизации процесса поверхностного отбора воды и линии УПО-НСА становится многофакторной. Поэтому в основу методики проведения экспериментов

положен метод отыскания многофакторной зависимости между принятым критерием оптимизации процесса и влияющими на него факторами. Суть этой методики изложена в работах [73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81]. Преимущество данного метода состоит в том, что значительно сокращается число опытов по сравнению с однофакторным методом, где последовательно изучается действие каждого фактора, появляется возможность обобщить материалы исследований в виде математической модели и дать им статистическую оценку. Но, прежде, чем планировать и проводить многофакторный эксперимент необходимо выбрать критерии оптимизации для оценки рабочего процесса поверхностного отбора воды и линии УПО-НСА и установления связи основных действующих факторов в математической модели.

### **3.4 Выбор критерий оптимизации процесса поверхностного отбора воды УПО**

Поверхностный отбор воды подразумевает собой забор поверхностного слоя жидкости без перемешивания в определенную емкость, из которого будет осуществляться подъем воды насосно-силовым агрегатом. При оптимизации процесса наиболее важной оценкой является оценка системы в целом, характеризующая, как качественную, так и количественную стороны процесса, имеющая ясный физический смысл.

Для устройств поверхностного отбора воды оценочным критерием процесса является качество добываемой воды. Качественная сторона процесса – это допустимое содержание примесей в воде согласно СанПиН, приказ № 229 от 13.05.2005г.

Количественной стороной процесса является коэффициент водопрпускной способности устройства.

При исследовании процесса поверхностного отбора воды в качестве критерия оптимизации нами выбрана водопрпускная способность устройства.

### **3.5 Выбор факторов и уровней их варьирования**

После выбора критериев оптимизации необходимо выбрать управляемые факторы – переменные, воздействие которых на объект исследования можно изменять целенаправленно.

В качестве управляемых факторов выбирают такие независимые переменные, которые могут быть изменены имеющимися средствами, соответствуют одному из разумных способов воздействия на объект исследования, способны принимать определенные значения с достаточной гарантированной точностью. Число выбранных факторов обуславливает размерность изучаемого факторного пространства.

При планировании эксперимента рекомендуется на первой стадии включать в рассмотрение все факторы, которые в изучаемой ситуации «подозреваются» в способности воздействовать на объект исследования.

При выборе факторов рекомендуется учитывать область, ограничивающую их возможное варьирование, а также размерность факторов, так как при движении в область оптимума планирование эксперимента обычно инвариантно к размерности факторов.

В таблице 3.1 приведены основные факторы, влияющие на водопрпускную способность устройства поверхностного отбора воды и уровни их варьирования.

Таблица 3.1 – Основные факторы, влияющие на водопрпускную способность устройства поверхностного отбора воды

| Обозначения фактора | Наименование факторов                                               | Уровни варьирования |         |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|---------|
|                     |                                                                     | нижний              | верхний |
| X <sub>1</sub>      | Наружный диаметр поплавка $D_n$ , мм                                | 650                 | 980     |
| X <sub>2</sub>      | Внутренний диаметр поплавка $d_n$ , мм                              | 200                 | 960     |
| X <sub>3</sub>      | Высота поплавка $h_n$ , мм                                          | 20                  | 40      |
| X <sub>4</sub>      | Количество водопрпускных каналов $n_k$ , шт                         | 2                   | 4       |
| X <sub>5</sub>      | Ширина водопрпускных каналов $b_k$ , мм                             | 300                 | 700     |
| X <sub>6</sub>      | Высота водопрпускных каналов $h_k$ , мм                             | 60                  | 100     |
| X <sub>7</sub>      | Центральный угол водопрпускного канала $\beta_k$ , град             | 30                  | 90      |
| X <sub>8</sub>      | Наружный диаметр водозаборной трубы $D_{в.т.}$ , мм                 | 120                 | 440     |
| X <sub>9</sub>      | Количество отверстий в водозаборной трубе $n_{в.т.}$ , шт           | 2                   | 4       |
| X <sub>10</sub>     | Высота отверстий в водозаборной трубе $h_{отв}$ , мм                | 10                  | 20      |
| X <sub>11</sub>     | Высота водозаборной трубы $h_{в.т.}$ , мм                           | 1000                | 3000    |
| X <sub>12</sub>     | Центральный угол отверстия водозаборной трубы $\alpha_{отв}$ , град | 30                  | 90      |
| X <sub>13</sub>     | Высота кольцевых оболочек $h_{об}$ , мм                             | 120                 | 260     |
| X <sub>14</sub>     | Внешний радиус большего основания кольцевой оболочки $R_1$ , мм     | 100                 | 480     |
| X <sub>15</sub>     | Внутренний радиус большего основания кольцевой оболочки $R_2$ , мм  | 94                  | 479     |
| X <sub>16</sub>     | Внешний радиус малого основания кольцевой оболочки $r_1$ , мм       | 160                 | 400     |
| X <sub>17</sub>     | Внутренний радиус малого основания кольцевой оболочки $r_2$ , мм    | 158                 | 298     |
| X <sub>18</sub>     | Количество резиновых кольцевых оболочек $n_p$ , шт                  | 2                   | 6       |
| X <sub>19</sub>     | Количество металлических кольцевых оболочек $n_m$ , шт              | 3                   | 7       |
| X <sub>20</sub>     | Геометрический напор на пороге водопрпускного канала $H_K$ , мм     | 68                  | 100     |

### 3.5.1 Априорное ранжирование факторов

Для выбора наиболее значимых факторов сначала был проведен так называемый психологический эксперимент, т.е. априорное ранжирование факторов. Для чего среди компетентных специалистов был проведен опрос (анкетирование), в котором им было предложено распределить факторы в порядке убывания значения вносимого ими вклада или влияния на критерии оптимизации, т.е. необходимо было проранжировать  $n$  потенциально возможных факторов, приписав им порядковые номера (ранги)  $1, 2, 3, \dots, n$ .

Психологический эксперимент необходим для того, чтобы сократить объем экспериментальной работы, так как несущественные факторы можно быстро исключить из дальнейшего рассмотрения. Ранжирование факторов есть некоторая формализация разрозненных сведений об изучаемом объекте, которая позволяет сравнить различные факторы между собой. Это облегчает дальнейшие этапы решения экспериментальной задачи. Кроме того, обсуждение различными специалистами одного вопроса, а также элементы дискуссии, возникающие при этом, внесут новые сведения, идеи об изучаемом объекте. Матрица рангов, составленная по данным опроса, приведена в таблице 3.3 [78, 79]. По этим данным определяется коэффициент конкордации  $W_c$  (согласования), определяющий степень согласованности мнений специалистов, по формуле [80]

$$W_c = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (3.5)$$

где  $S$  – сумма квадратов отклонений;  
 $m$  – число опрашиваемых специалистов;  
 $n$  – число факторов.

Сумма квадратов отклонений вычисляется по формуле

$$S = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m a_{ij} - L \right)^2, \quad (3.6)$$

где  $a_{ij}$  – ранг (порядковый номер при опросе)  $i$ -го фактора у  $j$ -го специалиста;

$L$  – среднее значение сумм рангов по каждому фактору.

Среднее значение сумм рангов вычисляется по формуле

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}{n}. \quad (3.7)$$

После вычисления коэффициента конкордации определяют его значимость по критерию Пирсона  $\chi^2$ . Расчетное значение  $\chi^2$ -распределения определяется по формуле

$$\chi^2 = m(n-1)W_c. \quad (3.8)$$

Среднее значение сумм рангов и коэффициент конкордации равны

$$L = 1260/20 = 63; S = 20188; W_c = 12*20188/36*7980 = 0,84.$$

Так как коэффициент конкордации  $W_c = 0,84$  – это означает, что между мнениями специалистов существует достаточная согласованность.

Таблица 3.2 – Матрица рангов (алгоритм для определения коэффициента конкордации)

| Фактор          | Специалисты |    |    |    |    |    | $\sum_{j=1}^m a_{ij}$ | $\sum_{j=1}^m a_{ij} - L$ | $\Delta i^2$ |
|-----------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|---------------------------|--------------|
|                 | 1           | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |                       |                           |              |
| X <sub>1</sub>  | 1           | 1  | 2  | 1  | 3  | 2  | 10                    | -53                       | 2809         |
| X <sub>2</sub>  | 13          | 14 | 15 | 13 | 12 | 12 | 79                    | 16                        | 256          |
| X <sub>3</sub>  | 9           | 6  | 10 | 8  | 9  | 9  | 51                    | -12                       | 144          |
| X <sub>4</sub>  | 12          | 17 | 14 | 12 | 18 | 11 | 84                    | 21                        | 441          |
| X <sub>5</sub>  | 3           | 5  | 1  | 2  | 4  | 3  | 18                    | -45                       | 2025         |
| X <sub>6</sub>  | 5           | 2  | 4  | 3  | 2  | 4  | 20                    | -43                       | 1849         |
| X <sub>7</sub>  | 2           | 4  | 7  | 9  | 1  | 1  | 24                    | -39                       | 1521         |
| X <sub>8</sub>  | 6           | 7  | 3  | 7  | 6  | 8  | 37                    | -26                       | 676          |
| X <sub>9</sub>  | 14          | 16 | 19 | 20 | 14 | 14 | 97                    | 34                        | 1156         |
| X <sub>10</sub> | 18          | 18 | 13 | 15 | 19 | 19 | 102                   | 39                        | 1521         |
| X <sub>11</sub> | 7           | 9  | 6  | 6  | 5  | 5  | 38                    | -25                       | 625          |
| X <sub>12</sub> | 11          | 11 | 16 | 11 | 10 | 10 | 69                    | 6                         | 36           |
| X <sub>13</sub> | 19          | 8  | 8  | 16 | 20 | 17 | 88                    | 25                        | 625          |
| X <sub>14</sub> | 15          | 15 | 12 | 17 | 15 | 15 | 89                    | 26                        | 676          |
| X <sub>15</sub> | 10          | 20 | 11 | 10 | 11 | 13 | 75                    | 12                        | 144          |
| X <sub>16</sub> | 8           | 10 | 9  | 5  | 7  | 7  | 46                    | -17                       | 289          |
| X <sub>17</sub> | 20          | 12 | 18 | 14 | 16 | 18 | 98                    | 35                        | 1125         |
| X <sub>18</sub> | 17          | 19 | 17 | 18 | 17 | 20 | 108                   | 45                        | 2025         |
| X <sub>19</sub> | 16          | 13 | 20 | 19 | 13 | 16 | 97                    | 34                        | 1156         |
| X <sub>20</sub> | 4           | 3  | 5  | 4  | 8  | 6  | 30                    | -33                       | 1089         |

Значимость коэффициента  $W_c$  проверяем по критерию Пирсона  $\chi^2$ . В нашем случае

$$\chi^2_{\text{расч}} = 6*(20-1)*0,84 = 95,76.$$

Из таблиц [81, 82] находим, что для 5%-ного уровня значимости при  $f = 20 - 1 = 19$  степеней свободы  $\chi^2_{\text{табл}} = 30,144 < \chi^2_{\text{расч}} = 95,76$ .

Так как табличные значения  $\chi^2$  – критерия меньше расчетного, следовательно, можно с 95% - ной вероятностью утверждать, что мнение специалистов оценивается коэффициентом конкордации  $W_c = 0,84$  и их

согласованность не является случайной. Для наглядности представления результатов эксперимента по данным таблицы 3.2 строим среднюю априорную диаграмму рангов распределения факторов, влияющих на водопрпускную способность устройства поверхностного отбора воды рисунок 3.7.

На основании априорного исследования с учетом результатов проведенного психологического эксперимента, в соответствии с рисунком 3.7, было отобрано для дальнейших исследований 5 факторов  $X_1$ ,  $X_5$ ,  $X_6$ ,  $X_7$ ,  $X_{20}$ , занимающих на диаграмме в основном первые места, предполагая, что они наиболее сильно влияют на водопрпускную способность устройства поверхностного отбора воды.

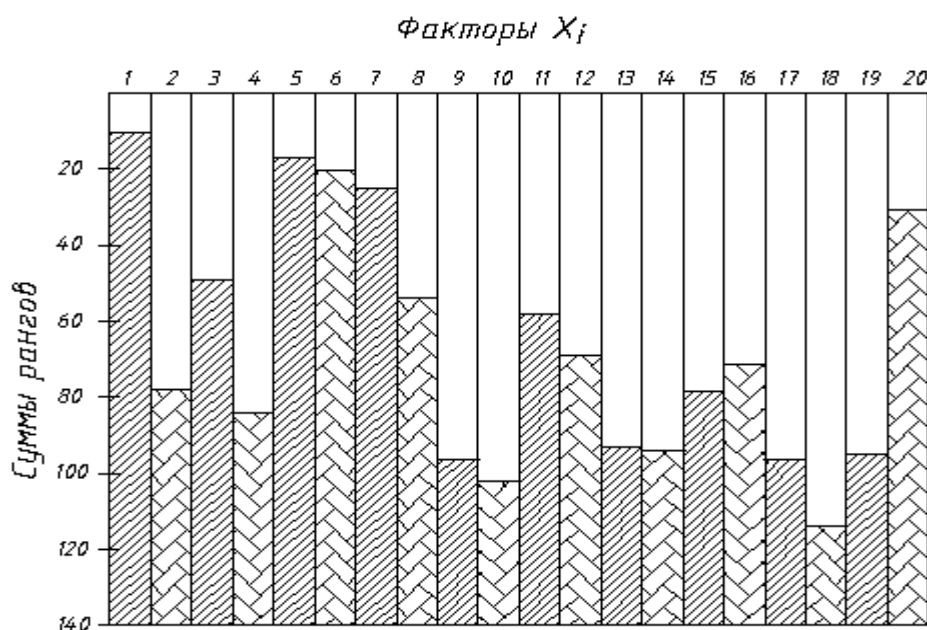


**Рисунок 3.7 – Априорная диаграмма рангов**

Для дальнейшего исследования не были взяты факторы  $X_7$  и  $X_{20}$ . Фактор  $X_7$  - центральный угол водопрпускного канала  $\beta_K$  зависит от ширины канала, а фактор  $X_{20}$  - геометрический напор на пороге водопрпускного канала  $H_K$  мы можем регулировать.

### **3.6 Крутое восхождение по поверхности отклика**

После отбора наиболее значимых факторов ( $X_3$ ,  $X_5$ ,  $X_6$ ) для приближения их к области оптимального сочетания и нахождения наилучших условий для последующих исследований нами применен метод крутого восхождения по поверхности отклика, основанный на движении из некоторой точки поверхности в направлении градиента, т.е. по кратчайшему пути к оптимуму. Методика проведения данных экспериментов изложена в работах [81, 82, 83, 84, 85].

Для отыскания оптимального сочетания выделенных факторов, дающего максимальную величину водопропускной способности устройства поверхностного отбора воды, был проведен эксперимент, включающий 15 опытов трехкратной повторности, составляющих полуреплику  $2^5$ , а также выполнена программа крутого восхождения по поверхности отклика, состоящая из 5 опытов.

Перед началом проведения эксперимента для облегчения расчетов отобранные факторы кодировались. Кодирование осуществлялось по формуле

$$x_i = \frac{X_i - X_{oi}}{\varepsilon}, \quad (3.9)$$

где  $x_i$  – кодированное значение фактора (безразмерная величина), верхний уровень обозначается +1, а нижний –1 (в центре эксперимента будет нулевой уровень);

$X_i$  – натуральное значение фактора (именованная величина в размерности фактора);

$X_{oi}$  – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

$\varepsilon$  – натуральное значение интервала варьирования фактора.

Натуральное значение интервала варьирования фактора определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{X_i^e - X_i^n}{2}, \quad (3.10)$$

где  $X_i^e$  – значение фактора на верхнем уровне;  $X_i^n$  – значение фактора на нижнем уровне.

После получения уравнения поверхности отклика оно раскодируется для анализа на экстремум и других расчетов по соотношению (3.6), а расчеты коэффициентов регрессии производятся при кодированных значениях. Это значительно облегчает вычислительную работу, которую можно проводить вручную или на вычислительных машинах.

С целью построения математической модели водоотборного устройства в виде функции критерия оптимизации от значимых параметров, была построена матрица ортогонального планирования эксперимента. После обработки экспериментальных данных, строилась математическая модель второго рода в виде

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i X_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j}^n b_{ij} X_i X_j, \quad (3.11)$$

где  $Y$  – критерий оптимизации;

$X_i, X_j$  – независимые переменные (факторы);

$b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij}$  – теоретические коэффициенты регрессии.

Коэффициент  $b_0$  равен

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N \overline{Y}_u}{N}, \quad (3.12)$$

где  $\overline{Y}_u$  – среднее значение критерия оптимизации в  $u$ -м опыте при  $k$  повторностях;

$N$  – количество опытов (число строк в матрице эксперимента).

Коэффициент  $b_i$  равен

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N X_{iu} \overline{Y}_u}{N}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n, \quad (3.13)$$

где  $X_{iu}$  – значение фактора  $X_i$  в  $u$ -м опыте.

Для облегчения расчетов значение  $X_{iu}$  можно принимать закодированным, т.е. (+) или (–), а после составления линейной модели (3.8) все члены уравнения перевести в натуральные единицы измерения (раскодировать).

Коэффициент  $b_{ij}$  равен

$$b_{ji} = \frac{\sum_{u=1}^N X_{iu} X_{ju} \overline{Y}_u}{N}, \quad j = 0, 1, 2, \dots, n, \quad (3.14)$$

где  $X_{iu}$  и  $X_{ju}$  – значение двух факторов  $X_i$  в  $u$ -м опыте, взаимодействие которых определено, например  $X_1X_5$ ,  $X_1X_6$ ,  $X_5X_6$  и т.п.

Для проверки гипотезы об адекватности представления результатов полиномом первой степени вычисляется критерий Фишера по формуле

$$F = \frac{S_{LF}^2}{S_y^2}, \quad (3.15)$$

где  $S_{LF}^2$  – дисперсия неадекватности математической модели;

$S_y^2$  – дисперсия ошибки опыта.

Дисперсия неадекватности вычисляется по формуле

$$S_{LF}^2 = \frac{k \sum_{u=1}^N (\hat{Y}_u - \overline{Y}_u)^2}{N - n - 1}, \quad (3.16)$$

где  $n$  – число факторов,  $n = 0, 1, 2, \dots$ ;

$\hat{Y}_u$  – значение критерия оптимизации, вычисленное по уравнению регрессии.

Дисперсия, характеризующая ошибку опыта, определяется по формуле

$$S_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{i=1}^k (y_{iu} - \bar{y}_u)^2}{N(k-1)}, \quad (3.17)$$

где  $y_{iu}$  – значение критерия оптимизации в параллельных опытах.

Для того чтобы принять гипотезу об адекватности, вычисленное значение F по (3.12) должно быть меньше табличного. Табличное значение F-критерия выбирается по таблице с числом степеней свободы числителя  $f_1 = N - n - 1$  и с числом степеней свободы знаменателя  $f_2 = N(k-1)$ .

Определять адекватность линейной модели можно и по другому критерию, по которому, если хотя бы один эффект взаимодействия окажется значимым, то линейная модель будет неадекватной.

Если разность  $b_0 - \bar{y}_0$  не превышает ошибки эксперимента, то можно принимать гипотезу адекватности эксперимента.

Значимость этой разности можно проверить по критерию Стьюдента

$$t = \frac{(b_0 - \bar{y}_0)\sqrt{N}}{\sqrt{S_y^2}}. \quad (3.18)$$

Дисперсия, характеризующая ошибки в определении коэффициентов регрессии, равна:

$$S_{b_i}^2 = \frac{S_y^2}{N}. \quad (3.19)$$

Доверительный интервал  $\Delta b_i$  для коэффициентов регрессии находится по формуле

$$\pm \Delta b_i = \pm t S_{b_i}, \quad (3.20)$$

где  $t$  – табличное значение t-критерия со степенью свободы.

$$f = N(n-1). \quad (3.21)$$

После получения адекватной математической модели второго порядка, необходимо определить координаты оптимума и изучить свойства поверхности отклика в окрестностях оптимума.

Для анализа и систематизации уравнение второго порядка приводится к типовой канонической форме вида [81]

$$Y_s - Y = B_{11}x_1^2 + B_{22}x_2^2 + \dots + B_{nn}x_n^2, \quad (3.22)$$

где  $Y_s$  – значение критерия оптимизации в оптимальной точке;

$Y$  – значение критерия оптимизации;

$x_1, x_1, \dots, x_n$  – новые оси координат, повернутые относительно старых  $X_1, X_2, \dots, X_n$ ;

$B_1, B_2, \dots, B_n$  – коэффициенты регрессии в канонической форме.

При каноническом преобразовании уравнения (3.8) производится перенос начала координат в новую точку  $S$  и поворот старых осей на некоторый угол в факторном пространстве, в результате чего исчезают линейные члены и изменяется значение сводного члена. Чтобы осуществить перенос начала координат в особую точку поверхности отклика, надо продифференцировать функцию отклика по каждой переменной и, приравняв к нулю частные производные, решить полученную систему уравнений, т.е. найти значения факторов, оптимизирующих величину критерия оптимизации.

Для определения угла поворота  $\alpha$  справедливо выражение [81]

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{b_{ij}}{b_{ii} - b_{jj}}. \quad (3.23)$$

Коэффициенты регрессии в канонической форме при  $n = 2$  определяются из соотношения [75, 83]

$$B_{ii} = b_{ii}\cos^2\alpha + b_{ij}\cos\alpha\sin\alpha + b_{jj}\sin^2\alpha, \quad (3.24)$$

$$B_{jj} = b_{ii}\sin^2\alpha - b_{ij}\cos\alpha\sin\alpha + b_{jj}\cos^2\alpha. \quad (3.25)$$

При подстановке различных значений оптимизируемого параметра в уравнение (3.18) получаем уравнения соответствующих контурных кривых – эллипсов, минимаксов, в графической совокупности представляющих поверхность отклика.

### **3.7 Методика испытаний устройства поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой и поточной линии УПО-НСА в производственных условиях**

Для исследования рабочего процесса опытной партии устройства поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой и поточной линии УПО-НСА в производственных условиях планировались опыты, предусматривающие определение оптимальных конструктивно-режимных и технологических параметров, проверку адекватности результатов теоретических и лабораторных экспериментов в реальных условиях производства, а также получение исходных данных для инженерно-

технологических расчетов при проектировании новых конструкций аналогичных устройств.

При составлении методики производственных испытаний устройства поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой и поточной линии УПО-НСА ориентировались на методики государственных испытаний машин с учетом рекомендаций Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственного машиностроения-ВИСХОМ [87, 88, 89, 90, 91, 92, 93].

Программа испытаний была составлена с учетом реальных пастбищных условий содержания животных (овец), поставленных перед нами задач, состояния объекта испытания и степени его новизны. В общем виде программа состояла из следующих основных разделов: предварительная техническая экспертиза; производственно-пастбищные испытания (выбор и подготовка участка, отладка и настройка испытуемого объекта, определение прочностных показателей и качества изготовления машины, ее энергетических показателей и установления достаточности имеющихся регулировок); испытания объекта в реальных пастбищных условиях (определение эксплуатационных показателей); заключительная техническая экспертиза.

Техническая экспертиза (предварительная и заключительная) опытных образцов УПО-НСА включала проверку их технического состояния, оценку конструкции и качества изготовления.

Предварительная техническая экспертиза производится до испытания объекта исследования и состоит из проверки:

- комплектности объекта, наличия запасных частей и инструментов;
- соответствия объекта чертежам и техническому заданию на проектирование - проверяются основные размеры устройств, параметры рабочих органов, кинематическая схема, система привода и управления, величины регулируемых органов, паспортные данные – масса испытуемого объекта, соответствия к монтажной схеме, объемы емкостей и другие показатели;
- качества материалов и изготовления узлов по видимым дефектам (трещины, надломы, искривления, вмятины, дефекты механической обработки и т.д.);
- качества сборки; проверяются (внешним осмотром, измерениями и прокручиванием вхолостую) правильность сопряжения узлов и деталей, соблюдение установленных зазоров и плотностей, отсутствие течи жидкостей через уплотнители, легкость вращения валов, правильность действия рабочих органов, механизмов привода, регулирования и управления, исправность предохранительных устройств и др.;
- наличия, в соответствии с правилами техники безопасности, защитных устройств, приспособлений, облегчающих работу

обслуживающего персонала (автоматы, сигнализаторы), средств гигиены труда и других устройств.

Предварительную техническую экспертизу выполняют, как правило, без разборки устройств. Существенные дефекты, выявленные при проведении предварительной экспертизы устройства, должны быть устранены до ее испытания.

Заключительную техническую экспертизу проводили после окончания испытаний УПО-НСА и проверили общее техническое состояние объекта, определили требующие замены детали, оценили пригодность испытуемого объекта для дальнейшей работы.

Участки для проведения испытаний соответствовали типичным (характерным) условиям пастбищного животноводства Западного региона и удовлетворяли требованиям существующих ГОСТов и методик испытаний сельскохозяйственной техники в производственных условиях [94, 95, 96, 97].

Условия для производственных испытаний должны удовлетворять следующим основным требованиям:

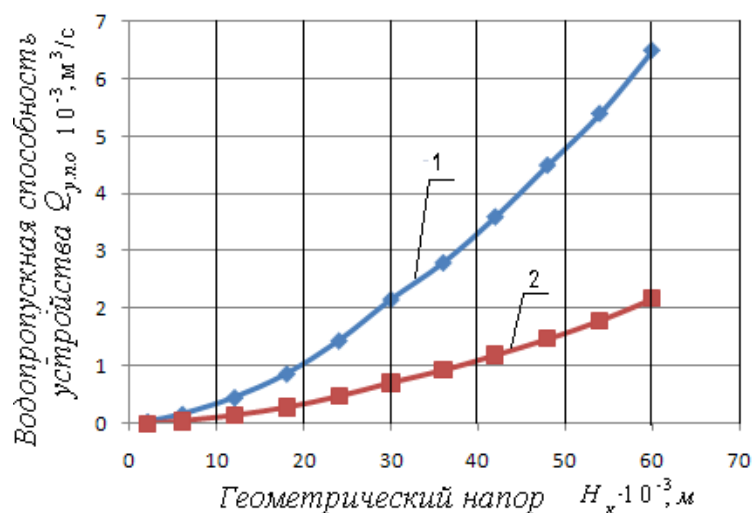
- иметь ровный макро и микрорельеф, уклоны его поверхности не должны превышать 2°;
- почва должна быть однородной и соответствовать выбранному почвенному типу для рытья колодцев-копаней;
- колодцы-копани водопойного пункта должны иметь параметры (высота столба воды в колодце – 1-3 м, глубина колодца до поверхности воды - до 6 м);
- рядом с колодцем размещаются 2 корыта длиной 4-10 м;
- вместимость резервуара зависит от дебита водоисточника и обслуживаемого поголовья животных;
- водопойный пункт располагается рядом с централизованной линией электропередач, а при ее отсутствии имеется резервная электростанция с двигателем внутреннего сгорания УМЗ-2ДУ-А;
- температура окружающего воздуха 22-28<sup>0</sup>С, температура воды в колодце 14-16<sup>0</sup>С;
- содержание песка в воде 0,05%, минерализация воды в колодце 5 г/л.

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ОТБОРА ВОДЫ

### 4.1 Результаты лабораторных исследований устройства для поверхностного отбора воды с гофрированной оболочкой

Результаты лабораторных исследований представлены на рисунках 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5.

Анализ графических зависимостей 1 и 2, в соответствии с рисунком 4.1, показывает, что с увеличением геометрического напора  $H_K$  водопропускная способность водоотборного устройства  $Q_{yno}$ , а также отдельно взятого водопропускного канала, возрастает и при  $H_K = 60 \cdot 10^{-3}$  м водопропускная способность водоотборного устройства достигает соответственно до значения  $6,5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с и  $2,16 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. При этом зависимости имеют вид параболы.



- 1 - водопропускная способность водоотборного устройства;  
2 - водопропускная способность одного канала

**Рисунок 4.1 – Зависимость водопропускной способности каналов  $Q_{yno}$  водоотборного устройства от геометрического напора  $H_K$  -  $Q_{yno} = f(H_K)$**

В соответствии с рисунком 4.2, видно, что зависимость между коэффициентом расхода  $\mu_K$  и водопропускной способностью водоотборного устройства  $Q_{yno}$  носит гиперболоидный характер и, с увеличением водопропускной способности устройства от  $Q_{yno} = 0,03 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с до  $Q_{yno} = 6,5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с, значение коэффициента расхода уменьшается соответственно от  $\mu_K = 0,35$  до величины  $\mu_K = 0,064$ . На основании полученных данных, в соответствии с рисунками 4.1 и 4.2, можно принять значение коэффициента расхода водоотборного устройства  $\mu_K = 0,1 \dots 0,35$ .

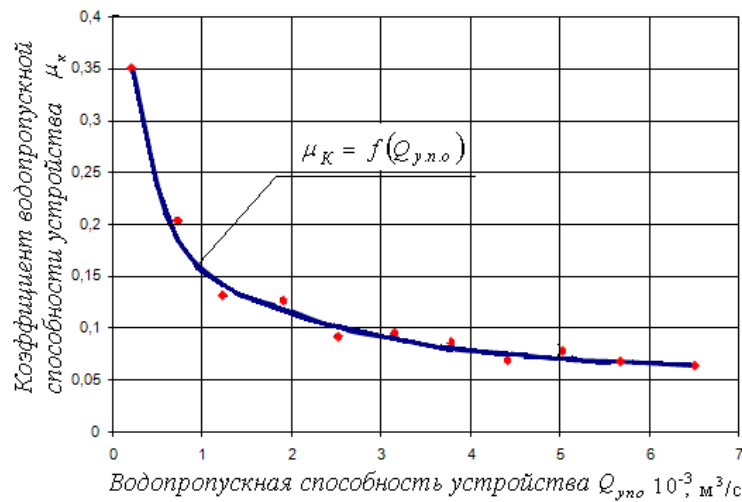
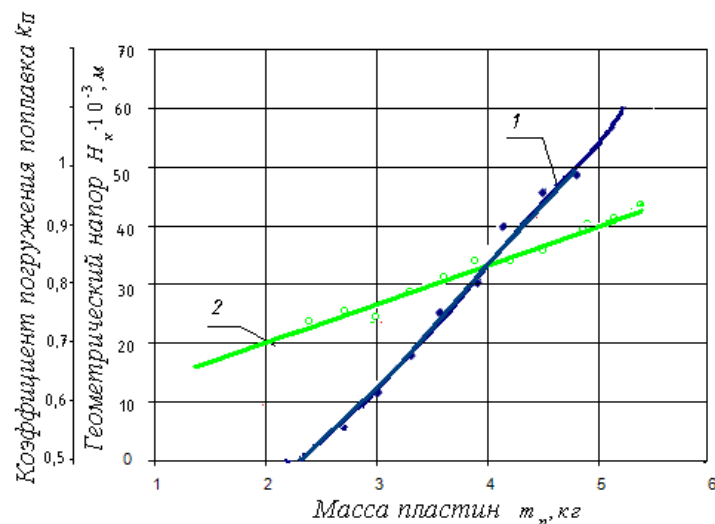


**Рисунок 4.2 – Зависимость коэффициента расхода  $\mu_K$  от водопропускной способности  $Q_{yno}$  устройства**

Величина геометрического напора  $H_K$ , в соответствии с рисунком 4,3 с увеличением суммарной массы пакета съемных пластин  $m_n$  возрастает по линейному закону, причем  $H_K = 2 \cdot 10^{-3}$  м, когда  $m_n = 2,4$  кг и  $H_K = 60 \cdot 10^{-3}$  м при  $m_n = 5,4$  кг. Значение коэффициента погружения поплавка также находится в прямой зависимости от суммарной массы пакета съемных пластин и при  $m_n = 2,4$  кг значение  $k_n = 0,74$ , а при  $m_n = 5,4$  кг значение  $k_n = 0,93$ .



1 - геометрический напор; 2- коэффициент погружения поплавка

**Рисунок 4.3 – Зависимости геометрического напора  $H_K$  и коэффициента погружения поплавка  $k_n$  от массы пакета съемных пластин  $m_n$**

С увеличением суммарной массы пакета съемных пластин  $m_n$  также возрастает пропускная способность устройства поверхностного отбора воды  $Q_{yno}$  и имеет параболоидный характер, в соответствии с рисунком 4.4.

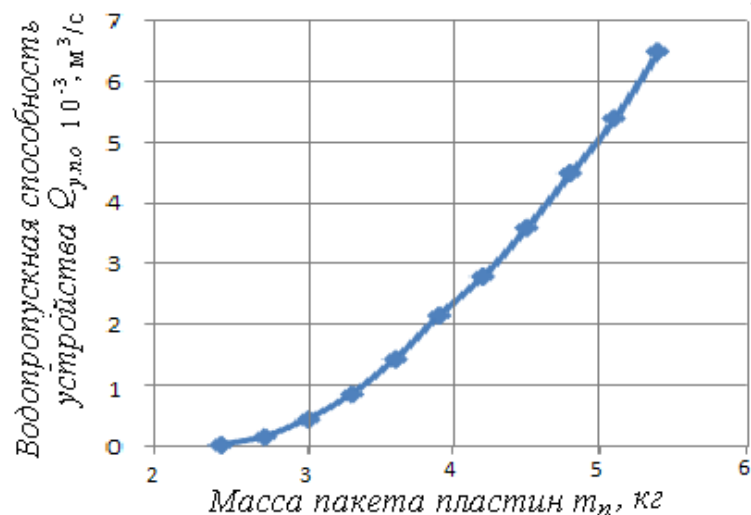


Рисунок 4.4 – Зависимость водопрopusкной способности водоотборного устройства  $Q_{yno}$  от массы пакета съемных пластин  $m_n$  -  $Q_{yno} = f(m_n)$

Скорость движения воды  $\vartheta_B$ , поступающей через каналы поплавка в водоприемный резервуар, в соответствии с рисунком 4.5, возрастает с увеличением геометрического напора  $H_K$ , - с вероятностью совпадения 0,95.

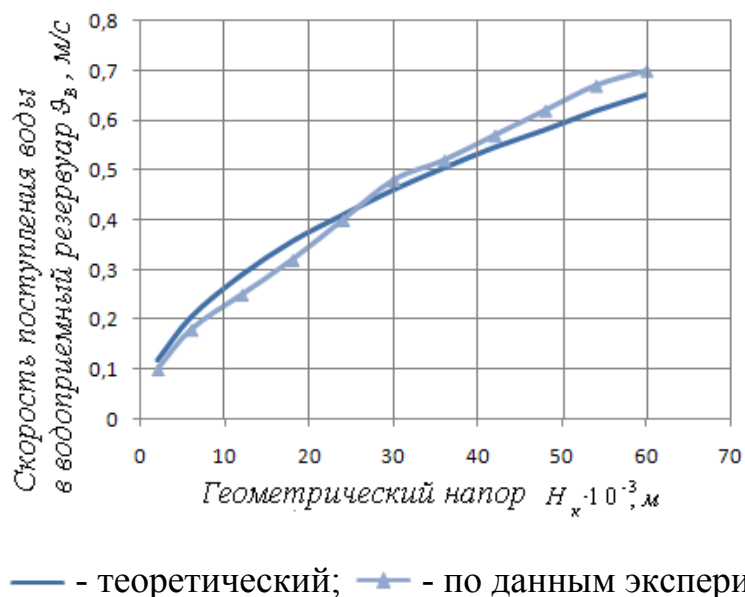


Рисунок 4.5 – Зависимость скорости движения воды  $\vartheta_B$  от геометрического напора  $H_K$

На поплавке водоотборного устройства имеется три пакета съемных пластин с общей массой 5,4 кг, следовательно, максимальная масса одного пакета съемных пластин 1,8 кг, а минимальную массу одного пакета съемных пластин можно принять равным 0,6 кг. Масса одной пластины - 0,1 кг.

## 4.2 Результаты многофакторных исследований о влиянии конструктивно режимных параметров на водопропускную способность устройства

В соответствии с поставленной задачей был составлен план эксперимента, в котором назначили интервалы и уровни варьирования факторов (таблица 4.1) [86].

Таблица 4.1 – Параметры устройства для поверхностного отбора воды и их уровни варьирования

| Регулируемые параметры:<br>кодированные (натуральные) | Кодированные уровни |     |     | Интервал |
|-------------------------------------------------------|---------------------|-----|-----|----------|
|                                                       | -1                  | 0   | +1  |          |
| $x_1$ – наружный диаметр поплавка ( $D_n$ , мм)       | 650                 | 815 | 980 | 165      |
| $x_5$ – ширина водопропускного канала ( $b_k$ , мм)   | 300                 | 500 | 700 | 200      |
| $x_6$ – высота водопропускного канала ( $h_k$ , мм)   | 60                  | 80  | 100 | 20       |

Для получения математической модели эксперимента был реализован ортогональный центральный композиционный план, матрица планирования которого, с полученными экспериментальными данными приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – План и результаты экспериментального исследования водопропускной способности устройства для поверхностного отбора воды

| № опыта | Параметр |       |       | Повторность |       |       | $Q \cdot 10^{-3}$ ,<br>м <sup>3</sup> /с |
|---------|----------|-------|-------|-------------|-------|-------|------------------------------------------|
|         | $x_1$    | $x_5$ | $x_6$ | $Q_1$       | $Q_2$ | $Q_3$ |                                          |
| 1       | 1        | 1     | 0     | 0,92        | 1,02  | 0,94  | 0,96                                     |
| 2       | 1        | -1    | 0     | 1,06        | 1,16  | 1,08  | 1,10                                     |
| 3       | -1       | 1     | 0     | 2,85        | 2,97  | 2,94  | 2,92                                     |
| 4       | -1       | -1    | 0     | 2,88        | 2,83  | 2,84  | 2,85                                     |
| 5       | 1        | 0     | 1     | 0,23        | 0,27  | 0,28  | 0,26                                     |
| 6       | 1        | 0     | -1    | 2,51        | 2,69  | 2,57  | 2,59                                     |
| 7       | -1       | 0     | 1     | 2,27        | 2,31  | 2,32  | 2,30                                     |
| 8       | -1       | 0     | -1    | 2,33        | 2,35  | 2,37  | 2,35                                     |
| 9       | 0        | 1     | 1     | 0,70        | 0,77  | 0,75  | 0,74                                     |
| 10      | 0        | 1     | -1    | 0,74        | 0,85  | 0,84  | 0,81                                     |
| 11      | 0        | -1    | 1     | 0,76        | 0,65  | 0,75  | 0,72                                     |
| 12      | 0        | -1    | -1    | 0,86        | 0,80  | 0,92  | 0,86                                     |
| 13      | 0        | 0     | 0     | 6,36        | 6,48  | 6,36  | 6,40                                     |
| 14      | 0        | 0     | 0     | 6,46        | 6,59  | 6,45  | 6,50                                     |
| 15      | 0        | 0     | 0     | 6,40        | 6,43  | 6,46  | 6,43                                     |

На основе полученных экспериментальных данных рассчитывали коэффициенты уравнений регрессии. Статическую значимость коэффициентов регрессии проверили с помощью  $t$  – критерия при уровне значимости 0,05. Результаты расчетов сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты регрессионного анализа параметров устройства для поверхностного отбора воды

| Фактор   | Коэф-<br>фициент<br>регрессии | Стандартная<br>ошибка | t-критерий<br>Стьюдента | р-уровень<br>значимости | 90%-ные<br>доверительные границы |          |
|----------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------|
|          |                               |                       |                         |                         | нижняя                           | верхняя  |
| –        | 6,44333                       | 0,264587              | 24,3524                 | 0,000002                | 5,76319                          | 7,12348  |
| $x_1$    | -0,68875                      | 0,162026              | -4,2509                 | 0,008085                | -1,10525                         | -0,27225 |
| $x_1^2$  | -1,69667                      | 0,238495              | -7,1140                 | 0,000851                | -2,30974                         | -1,08360 |
| $x_5$    | -0,01250                      | 0,162026              | -0,0771                 | 0,941498                | -0,42900                         | 0,40400  |
| $x_5^2$  | -2,78917                      | 0,238495              | -11,6949                | 0,000080                | -3,40224                         | -2,17610 |
| $x_6$    | -0,32375                      | 0,162026              | -1,9981                 | 0,102182                | -0,74025                         | 0,09275  |
| $x_6^2$  | -2,87167                      | 0,238495              | -12,0408                | 0,000070                | -3,48474                         | -2,25860 |
| $x_1x_5$ | -0,05250                      | 0,229139              | -0,2291                 | 0,827854                | -0,64152                         | 0,53652  |
| $x_1x_6$ | -0,57000                      | 0,229139              | -2,4876                 | 0,055325                | -1,15902                         | 0,01902  |
| $x_5x_6$ | 0,01750                       | 0,229139              | 0,0764                  | 0,942084                | -0,57152                         | 0,60652  |

Таким образом, на основе полученных экспериментальных данных, методом наименьших квадратов рассчитано уравнение регрессии для водопрпускной способности устройства поверхностного отбора воды

$$Y = 6,44 - 0,68875 x_1 - 1,69667 x_1^2 - 0,0125 x_5 - 2,78917 x_5^2 - 0,32375 x_6 - 2,87167 x_6^2 - 0,0525 x_1x_5 - 0,57 x_1x_6 + 0,0175 x_5x_6. \quad (4.1)$$

На диаграмме Парето (рисунок 4.6) отображены упорядоченные по абсолютному значению эффекты факторов. Линейчатые столбцы (полосы), пересекающие вертикальную прямую  $p = 0,1$ , указывают на члены уравнения регрессии, существенно влияющие на водопрпускную способность устройства для поверхностного отбора воды.

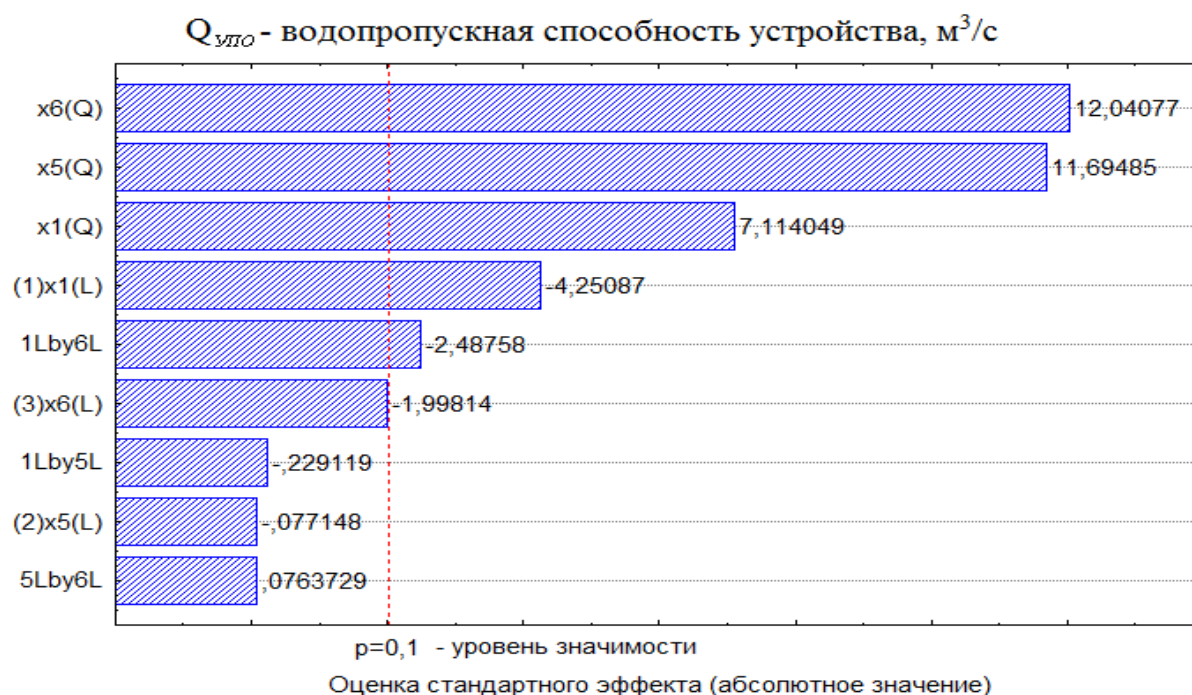


**Рисунок 4.6 – Диаграмма Парето для параметров водопропускного устройства поверхностного отбора воды**

Приведенные в таблице 4.4 значения статистических критериев свидетельствуют о том, что полученное уравнение регрессии достоверно и адекватно описывает влияние исследуемых параметров на водопропускную способность устройства для поверхностного отбора воды.

**Таблица 4.4 – Проверка адекватности и достоверности регрессионной модели для обоснования параметров водопропускного устройства**

| Статистические показатели качества и критерии адекватности | Значение критерия |
|------------------------------------------------------------|-------------------|
| Множественная корреляция $R$ .....                         | 0,992             |
| Коэффициент детерминации $R^2$ .....                       | 0,985             |
| Нормированный R-квадрат .....                              | 0,957             |
| Число степеней свободы $df: k_1; k_2$ .....                | 9; 5              |
| Критерий Фишера $F$ .....                                  | 35,515            |
| Значимость $F$ .....                                       | 0,001             |

Канонический анализ полученного уравнения квадратичной регрессии позволил рассчитать координаты стационарной точки поверхности отклика

$$x_1^* = -0,1968; \quad x_5^* = -0,0005; \quad x_6^* = -0,0368, \quad (4.2)$$

которым соответствуют следующие натуральные значения параметров

$$D_n^* = 782,5 \text{ мм}; b_k^* = 499,9 \text{ мм}; h_k^* = 79,3 \text{ мм}. \quad (4.3)$$

Установлено, что в этой точке водопропускная способность устройства имеет максимум, равный -  $6,51 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Таким образом, в результате проведенного экспериментального исследования и анализа опытных данных после корректировки соотношений (4.3) получены следующие квазиоптимальные параметры:

$$D_n^* = 780 \text{ мм}; b_k^* = 500 \text{ мм}; h_k^* = 80 \text{ мм}, \quad (4.4)$$

при которых, водопропускная способность устройства  $Q_{\text{упо}} = 6,513 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Методика исследования поверхности отклика с помощью двумерных сечений подробно изложена в работах [78, 79, 80].

Для получения двумерных сечений поверхности отклика, характеризующих водопропускную способность устройства поверхностного отбора воды в зависимости от наружного диаметра поплавка ( $X_1$ ), ширины водопропускного канала ( $X_5$ ) в уравнение (4.1) подставили значение фактора  $X_6=0$ .

Отклик и двумерное сечение поверхности отклика, описываемое уравнением (4.1) по факторам: наружный диаметр поплавка ( $X_1$ ), ширина водопропускного канала ( $X_5$ ) представлено на рисунке 4.7.

Двумерное сечение поверхности отклика, описываемое уравнением (4.1) по факторам: наружный диаметр поплавка ( $X_1$ ), высота водопропускного канала ( $X_6$ ) представлено на рисунке 4.8. Для получения этого сечения подставляем значения  $X_5 = 0$  в уравнение (4.1).

Двумерное сечение поверхности отклика, описываемое уравнением (4.1) по факторам: ширина водопропускного канала ( $X_5$ ), высота водопропускного канала ( $X_6$ ) представлено на рисунке 4.9. Для получения этого сечения подставляем значения  $X_1 = 0$  в уравнение (4.1).

Обработку результатов, построение поверхностей откликов, графиков проводили при помощи ЭВМ, с использованием программ: Statistica 7.0, Microsoft Office Excel 2007.

При проведении экспериментальных исследований водоотборного устройства на основании априорного ранжирования факторов, влияющих на эффективность функционирования водоотборных устройств, были установлены показатели рабочих органов лабораторного экспериментального стенда (таблица 4.5). Стенд был собран из отдельных узлов, изготовленных в производственных мастерских.

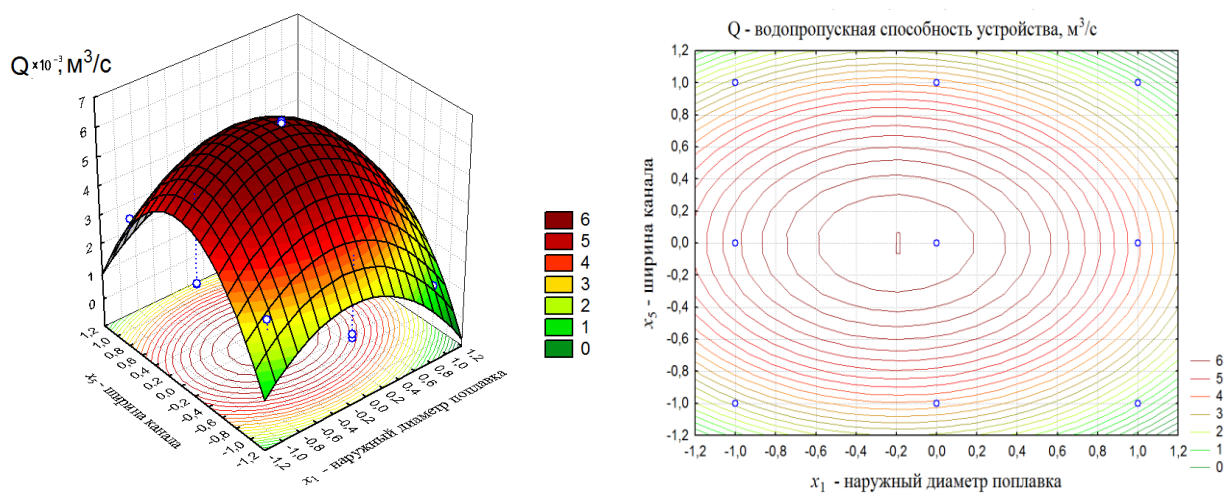


Рисунок 4.7 – Отклик и изолинии для водопропускной способности устройства поверхностного отбора воды при  $x_6 = 0$

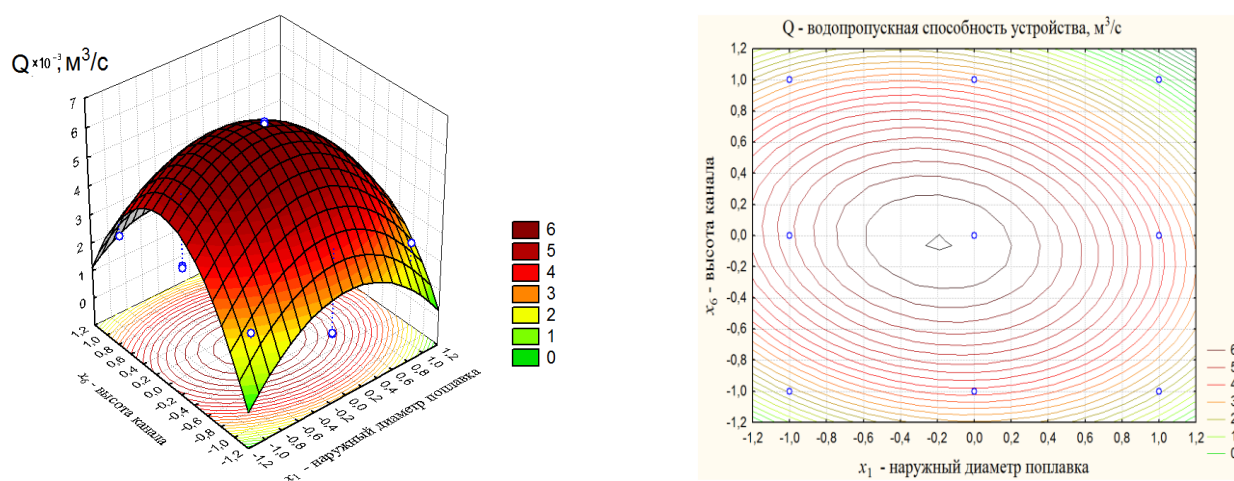


Рисунок 4.8 – Отклик и изолинии для водопропускной способности устройства поверхностного отбора воды при  $x_5 = 0$

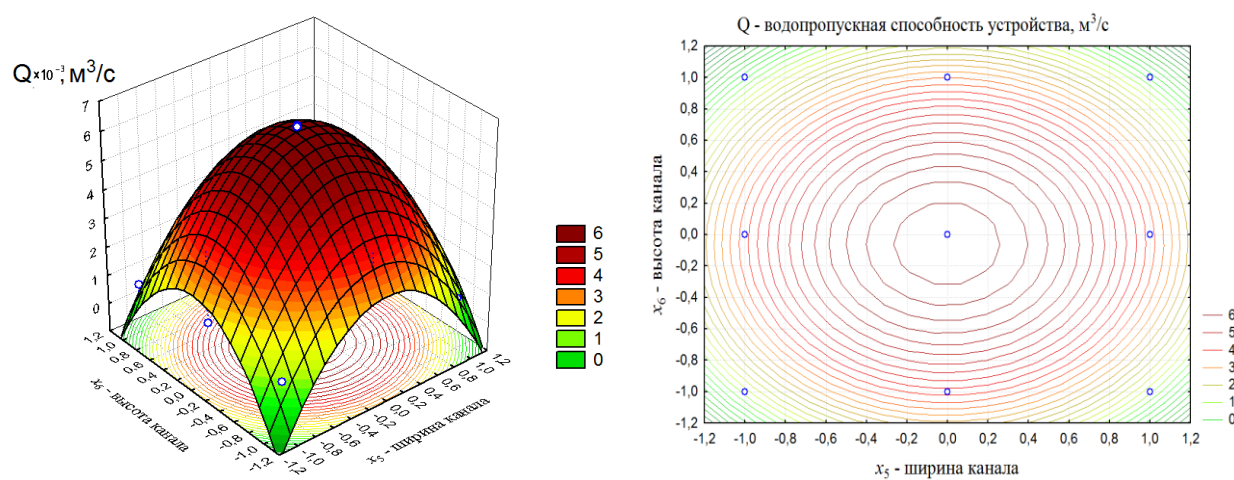


Рисунок 4.9 – Отклик и изолинии для водопропускной способности устройства поверхностного отбора воды при  $x_1 = 0$

Таблица 4.5 – Показатели рабочих параметров экспериментального стенда

| Наименование величин                                   | Обозначение    | Численное значение |
|--------------------------------------------------------|----------------|--------------------|
| 1.Ширина водопропускного канала, мм                    | $b_k$          | 500                |
| 2.Центральный угол водопропускного канала, град        | $\beta_k$      | 120                |
| 3.Наружный диаметр поплавка, мм                        | $D_n$          | 780                |
| 4.Внутренний диаметр поплавка, мм                      | $d_n$          | 580                |
| 5.Количество пакетов съемных пластин, шт               | $n_{nl}$       | 3                  |
| 6.Высота стенки резервуара, мм                         | $H$            | 1460               |
| 7.Количество водопропускных каналов, шт                | $n_k$          | 3                  |
| 8.Ширина водопропускного канала, мм                    | $b_k$          | 500                |
| 9.Наружный диаметр водозаборной трубы, мм              | $D_{в.т.}$     | 280                |
| 10.Внутренний диаметр водозаборной трубы, мм           | $d_{в.т.}$     | 266                |
| 11.Количество отверстий в водозаборной трубе, шт       | $n_{в.т.}$     | 3                  |
| 12.Высота отверстий водозаборной трубы, мм             | $h_{отв}$      | 15                 |
| 13.Центральный угол отверстий водозаборной трубы, град | $\alpha_{отв}$ | 60                 |

Здесь следует отметить, что значения высот водопропускного канала и поплавка, на основании ориентировочных расчетов, в начале были приняты равными 90 и 300 мм соответственно, в ходе экспериментов уточнены и приняты равными 80 мм и 200 мм.

### 4.3 Производственные испытания водоотборного устройства

Производственные испытания, разработанных нами водоотборного устройства и поточной линии УПО-НСА, проводились на водопойных пунктах «Қалмақ-Шабын», п Мереке, Таскалинского района и «Базар кудук», поселка Бисен, Бокейординского района Западно-Казахстанской области. Целью данных испытаний была проверка оптимальных конструктивно-технологических параметров устройства при производственных условиях, а также выявление его работоспособности при поверхностном отборе воды с различными водоподъемными устройствами.

Техническая характеристика разработанного на основании выполненных исследований устройства поверхностного отбора воды приведена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Техническая характеристика устройства поверхностного отбора воды

| Показатели                                       | Величина                                      |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1. Водопропускная способность, м <sup>3</sup> /с | 0,21·10 <sup>-3</sup> ...6,5·10 <sup>-3</sup> |
| 2.Масса, кг                                      | 12                                            |
| 3.Габаритные размеры поплавка:                   |                                               |
| наружный диаметр, мм                             | 780                                           |
| внутренний диаметр, мм                           | 580                                           |
| ширина каналов, мм                               | 500                                           |
| высота каналов,мм                                | 80                                            |

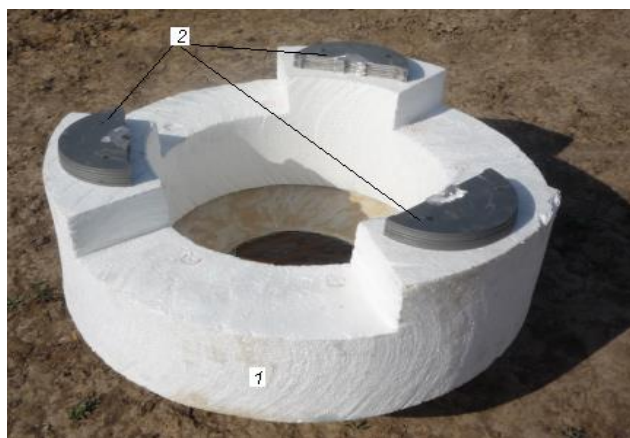
При проведении производственных экспериментов на водопойном пункте «Қалмақ-Шабын», Таскалинского района испытания проводили с использованием заиленного шахтного колодца. Глубина колодца 3,4 м, высота столба воды -2,2 м, высота оголовка 0,8 м. Рядом с колодцем имеются два водопойных корыта с общей длиной 18 м, изготовленные для двустороннего поения. Корыта представляют собой лоток круглого очертания (полутруба) с плоскими торцовыми стенками. Внутренний диаметр корыта 0,6 м. При проведении испытаний температура воздуха была +22...+24 °С, воды +14...+16 °С. Подъем воды из колодца, в соответствии с рисунком 4.10, осуществляется ручным способом при помощи приспособления под названием «журавль».



Рисунок 4.10 – Водопойный пункт «Қалмақ-Шабын»

В соответствии с рисунками 4.11 и 4.12, перед установкой устройства в колодец на верхней поверхности поплавка между водопропускными каналами, поставили и укрепили с помощью болтовых

соединений металлические пластины, выполненные в виде сегментов, имеющие прямоугольное поперечное сечение и закрепили водоприемный резервуар на водозаборной трубе.



1 – поплавок; 2 – пакеты съемных металлических пластин

**Рисунок 4.11 – Поплавок с металлическими пластинами**



**Рисунок 4.12 – Сборка устройства поверхностного отбора воды**

Затем, устройство поверхностного отбора воды устанавливали по центру колодца, в соответствии с рисунком 4.13.



**Рисунок 4.13 – Установка устройства поверхностного отбора воды**

На рисунке 4.14 показаны фрагменты производственных испытаний устройства поверхностного отбора воды и на водопойном пункте «Қалмақ-Шабын»

Для подъема воды из водозаборной трубы использовали насосный агрегат АН-2К-9-М1, производительностью  $20 \text{ м}^3/\text{ч} = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , общая масса пакета съемных пластин составила 5,1 кг, что соответствует водопропускной способности устройства поверхностного отбора воды равной  $Q_{\text{упо}} = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Результаты производственных опытов дали необходимую водопропускную способность линии и удельные затраты энергии составили

$$q = \frac{N_n}{Q_{\text{упо}}} = \frac{1,5 \text{ кВт}}{20 \text{ м}^3/\text{ч}} = 0,075 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3 \cdot \quad (4.5)$$

На водопойном пункте «Базар кудук», поселка Бисен, Бокейординского района ЗКО имеется колодец-копань глубиной до дна 2,8 м, до воды 0,8 м. Стены колодца не укреплены. Высота оголовка 0,7 м. Рядом с колодцем поставлены 2 металлических корыта длиной 5,4 и 6,0 м. имеющие в сечении форму прямоугольника с высотой 300 мм, шириной 400 мм.

На водопойном пункте дважды в день поят отару овец с общей численностью 924 овцы. Дебит колодца достаточен и обеспечивает непрерывную работу агрегата в течение одного водопоя. Общая длина корыт также достаточна для водопоя животных в течение 1 часа. Температура воздуха  $+24...+28^\circ\text{C}$ , воды  $+15...+17^\circ\text{C}$ .



а) Положение устройства  
поверхностного отбора воды в колодце



б) Наполнение водопойных корыт



в) Наполнение водопойных корыт



г) Водопой животных



д) Водопой животных

Рисунок 4.14 – Фрагменты испытаний устройства для поверхностного отбора воды

На водопойном пункте есть линия электропередач и резервная электростанция с двигателем внутреннего сгорания УМЗ-2ДУ-А.

Подъем воды из колодца осуществляется центробежным насосом НБЦ – 0,75.

С учетом результатов лабораторных исследований при производственном испытании для обеспечения потребной водопропускной способности центробежного насоса НБЦ – 0,75 с производительностью 3,6 м<sup>3</sup>/ч на верхней поверхности поплавка между водопропускными каналами установили пакеты съемных металлических пластин с общей массой  $m_n=3,6$  кг. Производственные испытания линии УПО-НСА показали следующие результаты: фактическая водопропускная способность водоотборного устройства  $Q_{yno} = 1,44 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с и удельные затраты энергии составили

$$q = \frac{N_n}{Q_{yno}} = \frac{0,75 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}{3,6 \text{ м}^3 / \text{ч}} = 0,21 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3 \quad (4.6)$$

Водопойные корыта наполнились за 24 минут, а среднее время поения отары овец составляло 65 минут.

В обоих случаях обслуживание поточной линии осуществлялось чабанами, анализ взятых проб, воды, поднятых оборудованием линии УПО-НСА не превышал зоогигиенических требований СП «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемным объектам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов», приказ № 1074 от 16.03.2015 г. [98].

Условия производственных испытаний устройства поверхностного отбора воды и линии УПО-НСА в хозяйствах сведены в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Условия испытаний устройства поверхностного отбора воды и линии УПО-НСА

| Показатель                                            | Водопойные пункты |               |
|-------------------------------------------------------|-------------------|---------------|
|                                                       | «Қалмақ-Шабын»    | «Базар кудук» |
| Водопропускная способность УПО-НСА, м <sup>3</sup> /ч | 20                | 3,6           |
| Количество обслуживаемых овец, голов                  | 1547              | 924           |
| Тип НСА                                               | АН-2К-9-М1        | НБЦ – 0,75    |
| Масса пакета сменных пластин, кг                      | 5,1               | 3,6           |
| Удельные энергозатраты, кВт·ч/м <sup>3</sup>          | 0,075             | 0,21          |

#### 4.4 Показатели технико-экономической эффективности предлагаемого устройства с гофрированной оболочкой

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили обосновать наиболее рациональные технологии и технические средства механизации, обеспечивающие повышение эффективности процесса водоснабжения пастбищного животноводства [92, 93, 96].

Производственные испытания позволили установить основные технико-экономические показатели внедрения технических средств механизации в пастбищном животноводстве. Расчет экономической эффективности этих технических средств механизации выполнялся в соответствии с общепринятыми методиками [99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107], с учетом требований рыночной экономики.

При расчете экономической эффективности предлагаемого устройства поверхностного отбора исходные данные определены по нормативным, паспортным и опытным данным, а также по данным, регламентированным в рекомендациях, и путем расчета (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – К расчету показателей технико-экономической эффективности предлагаемой разработки

| Показатель                                                                                             | Обозначение | Базовые    |                    | Предлагаемое УПО |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|--------------------|------------------|
|                                                                                                        |             | УПО (ТСХУ) | УПО (УТИ «Аманат») |                  |
| 1.Производительность линии подъема воды из колодцев-копаней за час сменного времени, м <sup>3</sup> /ч | $Q_{см}$    | 3,6        | 16                 | 23,6             |
| 2.Масса, кг                                                                                            | $m$         | 10         | 26                 | 12               |
| 3.Балансовая цена, тг                                                                                  | $B$         | 12000      | 27000              | 15750            |
| 4.Число календарных дней использования водопойного пункта, дней                                        | $D$         | 180        | 180                | 180              |
| 5.Обслуживаемое поголовье овец, гол.                                                                   | $O$         | 1000       | 1000               | 1000             |
| 6.Суточное водопотребление на водопойном пункте, м <sup>3</sup>                                        | $Q_{сут}$   | 12         | 12                 | 12               |
| 7.Годовая выработка, м <sup>3</sup>                                                                    | $W_{г}$     | 2160       | 2160               | 2160             |
| 8.Фактическая годовая загрузка, ч.                                                                     | $T_{ф}$     | 600        | 135                | 92               |
| 9.Коэффициент отчисления на реновацию                                                                  | $a$         | 0,1        | 0,1                | 0,1              |
| 10.Количество обслуживающего персонала                                                                 | $A$         | 1          | 1                  | 1                |
| 11.Коэффициент отчисления на ремонт и техническое обслуживание                                         | $R$         | 0,18       | 0,18               | 0,18             |
| 12.Часовая тарифная ставка с учетом доплат, тг /ч                                                      | $\tau_i$    | 500        | 500                | 500              |

Основными показателями, составляющими экономическую эффективность рассматриваемого устройства поверхностного отбора воды и поточной линии УПО-НСА, являются затраты труда, прямые эксплуатационные расходы, капитальные вложения.

Расчет экономической эффективности устройства поверхностного отбора воды и поточной линии УПО-НСА проводился по известной методике [108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117].

Удельные отчисления на заработную плату обслуживающего персонала

$$З = \frac{\tau_i T_{\phi} A}{W_{\phi}}, \quad (4.7)$$

где  $\tau_i$  - часовая тарифная ставка оплаты труда моториста по  $i$ -му разряду с учетом надбавок, тг /ч;

$A$ - количество обслуживающего персонала, чел.;

$T_{\phi}$ - фактическая годовая загрузка, ч;

$W_{\phi}$ - годовая выработка, м<sup>3</sup>.

Затраты труда в год, чел-ч, определяются по формуле

$$З_m = \frac{W_{\phi} A}{Q_{см}}, \quad (4.8)$$

где  $Q_{см}$  - подача водоподъемника за час сменного времени, м<sup>3</sup>/ч.

Удельные затраты на реновацию находят по формуле

$$P = \frac{Ba}{W_{\phi}}, \quad (4.9)$$

где  $B$  - балансовая цена устройства поверхностного отбора воды, тг;

$a$  - норма отчисления на реновацию.

Удельные затраты на ремонт и планово-техническое обслуживание определяют из выражения

$$R_T = \frac{BR}{W_{\phi}}, \quad (4.10)$$

где  $R$  - норма отчисления на ремонт и техническое обслуживание.

Удельные затраты на электроэнергию определяют из выражения

$$\Gamma = q\Pi, \quad (4.11)$$

где  $q$  - удельный расход электроэнергии, кВт·ч /м<sup>3</sup>;

$\Pi$  - цена 1 кВт·ч электроэнергии, тг /кВт·ч.

Величина прямых эксплуатационных расходов на единицу времени выработки рассчитывают по формуле

$$I_{y\partial} = 3 + P + R_T + \Gamma. \quad (4.12)$$

Прямые эксплуатационные расходы на годовой объем работ определяется по формуле:

$$I_z = I_{y\partial} \cdot W_{\partial}. \quad (4.13)$$

Удельные капиталовложения определяют из выражения

$$K_{y\partial} = \frac{B}{W_{\partial}}. \quad (4.14)$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле

$$\mathcal{E}_z = I_{z\partial} - I_{zn}. \quad (4.15)$$

Годовая экономия труда определяется как

$$\mathcal{E}_m = 3_{m\partial} - 3_{mn}. \quad (4.16)$$

Срок окупаемости новых капитальных вложений равен:

$$T = K/\mathcal{E}_z, \quad (4.17)$$

где К – капитальные вложения в новую машину, тг;

#### **Выводы по 4 разделу**

1. В результате проведенных экспериментов, при оптимальных параметрах устройства:

- принято значение коэффициента расхода водоотборного устройства  $\mu_k = 0,1 \dots 0,35$ ;
- установлена степень погружения поплавка в воду  $k_n = 0,93$ ;
- уточнены значения высот водопропускного канала и поплавка, которые приняты равными 80 мм и 300 мм;
- установленные зависимости  $Q_{yno} = f(H_k)$  и  $H_k = f(m_n)$  могут быть использованы при настройке устройства поверхностного отбора воды на оптимальный режим работы.

2. Анализ уравнения регрессии позволяет выявить оптимальные конструктивно-технологические параметры, обеспечивающие максимальную водопропускную способность устройства  $Q_{\text{упо}} = 6,513 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ : наружный диаметр поплавка  $D_n = 780 \text{ мм}$ ; ширина водопропускного канала  $b_k = 500 \text{ мм}$ ; высота водопропускного канала  $h_k = 80 \text{ мм}$ .

3. Условия производственных испытаний устройства поверхностного отбора воды в условиях модельных овцеферм поголовьем 924 и 1547 голов агроформирований Таскалинского и Бокейординского районов Западно-Казахстанской области соответствовали характерным условиям водопоя животных на пастбищах. Визуальные наблюдения показывают, что в период производственных испытаний неукрепленные стены колодцев-копаней не разрушались и органолептические свойства поднятой воды соответствовали зоогигиеническим требованиям, т.е. содержание взвешенных веществ составило  $2,0 \text{ мг/дм}^3$ , а мутность  $1,2-1,3 \text{ мг/дм}^3$ .

4. По результатам производственных испытаний и контрольных наблюдений за работой устройства поверхностного отбора воды и поточной линии комиссии признали конструкцию предложенного устройства для поверхностного отбора воды из пастбищных колодцев-копаней перспективной, и пришли к выводу о целесообразности его дальнейшей эксплуатации в хозяйствах.

5. Расчет технико-экономических показателей эффективности предлагаемого устройства поверхностного отбора воды, а также его сравнительная оценка с базовыми УПО Туркменского сельскохозяйственного университета и Уральского технического института «Аманат» показали:

– прямые эксплуатационные расходы при применении устройства поверхностного отбора воды и линии УПО-НСА уменьшаются на 81,6% (ТСХУ) и 29,6% (УТИ «Аманат»);

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Инвентаризация и анализ характерных особенностей пастбищного водоснабжения показали, что для сохранения природных свойств воды, избежания взмучивания и увеличения срока использования колодцев-копаней и заиленных шахтных колодцев целесообразно применить устройства для поверхностного отбора воды, функционирующие по двухстадийной технологии.

2. Сравнительная оценка технологий водоснабжения с использованием пастбищных колодцев-копаней и существующих конструктивно-технологических схем устройств поверхностного отбора воды, а также разработанная классификация этих устройств позволили определить перспективные пути совершенствования технологического процесса добычи воды из колодцев-копаней.

3. Разработана структурная схема водопойного пункта и проведены теоретические исследования системы водоснабжения при установившемся и неуставившемся режимах работы колодца-копая, позволившие предложить аналитические выражения для определения: объема воды, который может отдать колодец-копая за время водопоя одной отары; среднечасовой водоотдающей способности водоисточника; максимального поголовья овец, обслуживаемого водопойным пунктом за сутки, в зависимости от гидрогеологических параметров колодца-копая.

4. Предложена новая конструктивно-технологическая схема устройства для поверхностного отбора воды из пастбищных колодцев-копаней и заиленных шахтных колодцев, обеспечивающая регулируемый отбор воды, соответствующий подаче водоподъемного устройства, не вызывая ее взмучивания, техническая новизна которого подтверждена предпатентами Республики Казахстан № 14347, № 20721.

5. Получены аналитические выражения для определения технологических параметров: выталкивающей силы устройства, коэффициента расхода, водопропускной способности, скорости поступления воды из колодца-копая в водоотборное устройство.

6. По результатам теоретических и экспериментальных исследований обоснованы оптимальные параметры устройства поверхностного отбора воды: внутренний диаметр поплавка – 580 мм, количество водопропускных каналов – 3, центральный угол водопропускного канала – 120°, наружный диаметр водозаборной трубы – 280 мм, количество отверстий в водозаборной трубе – 3, высота отверстий водозаборной трубы – 15 мм, центральный угол отверстий водозаборной трубы – 60°, коэффициент расхода водоотборного устройства  $\mu_k = 0,1 \dots 0,35$ , степень погружения поплавка в воду  $k_n = 0,74 - 0,93$ .

7. Экспериментальные исследования устройства поверхностного отбора воды методом планирования многофакторного эксперимента

позволили получить уравнение регрессии для водопрпускной способности устройства. На основе анализа которого получены двумерные сечения поверхностей отклика и определены оптимальные параметры устройства поверхностного отбора воды: наружный диаметр поплавка - 780 мм, ширина водопрпускного канала - 500 мм, высота водопрпускного канала - 80 мм, обеспечивающие максимальную водопрпускную способность устройства -  $6,513 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ .

8. Результаты производственных испытаний устройства поверхностного отбора воды показали, что его применение обеспечивает сохранение органолептических свойств поднятой воды, соответствующее зоогигиеническим требованиям, т.е. содержание взвешенных веществ составило  $2,0 \text{ мг/дм}^3$ , а мутность  $1,2\text{-}1,3 \text{ мг/дм}^3$ .

9. При использовании предлагаемого устройства поверхностного отбора воды для водопоя животных в пастбищных условиях из колодцев-копаней и заиленных колодцев по сравнению с базовыми устройствами Туркменского сельскохозяйственного университета и Уральского технического института «Аманат» повышается производительность линии в 6,5 и 1,5 раза, снижаются эксплуатационные затраты на 81,6% и 29,6%.

10. Результаты маркетинговых исследований показывают, что специальных линий водоподъема с устройством поверхностного отбора воды из колодцев-копаней на рынке нет, предлагаемая линия будет конкурентоспособна на внутреннем и внешнем рынках и может найти достаточное применение в Республике Казахстан и странах СНГ, где имеются схожие пастбищные условия для сезонного содержания животных.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальный проект по развитию агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021 – 2025 годы, 12.10.2021 г. <https://online.zakon.kz/>.
2. Мурусидзе, Д.Н. Легеза В.Н., Филонов Р.Ф. Технологии производства продукции животноводства: учебное пособие для академического бакалавриата.–Москва.: Издательство Юрайт, 2019. –417 с.
3. Тажибаев Л.Е. Основы водоснабжения и обводнения сельскохозяйственных районов Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1969. – 304 с.
4. Вернадский В.И. История природных вод // Избр.соч. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – Т.4, кн.2. – 651 с. 5. Войтенко В.Н. Рост крупного рогатого скота и качество его мяса при разной обеспеченности водой в первый год жизни // Науч.тр. Укр. с.-х. акад.-Киев: Изд-во Укр. с.-х. акад.,1974. – С. 22-25.
6. Мовсисянц А.П. Водопой скота на пастбище. – М.: Россельхозиздат, 1979. – 55 с.
7. Колесников С. И. Основы экологии для инженеров. – Ростов н/ Д: Феникс, 2003. – 352 с.
8. Бергнер Х., Кетц А. Научные основы питания с.-х. животных. – М.: Колос, 1973. - 272 с.
9. Вода питьевая. Методы анализа // «Стандарты»: сборник.– М., 1997.-456с.
10. Войтенко В.Н. Мясная продуктивность бычков, выращенных при разной обеспеченности водой // Науч.тр. Укр. с.-х. акад. – Киев: Из-во Укр. с.-х. акад., 1976. – С. 22-25.
11. СанПиН Санитарно-эпидемиологические требования к нецентрализованному хозяйственно-питьевому водоснабжению. Приказ и.о. министра здравоохранения Республики Казахстан от 13 мая 2005 года № 229.
12. Подземные воды пастбищных территорий Казахстана / под ред. Ахмедсафина У.М. – Алма-Ата: Наука, 1969. – 640 с.
13. Жамбакин Ж.А. Пастбища Казахстана. – Алматы: Кайнар, 1995. - 208 с.
14. Гумаров Г.С. Механизация водоснабжения пастбищного животноводства. – Уральск: Изд-во Зап.Каз агр.техн.ун-та,2007. – 201 с.
15. Тчаарт Шилхорн Ван Вин, Алимаев И., Уткелов Б. Казахстан. Пастбищные угодья в переходный период: ресурсы, пользователи и рациональное использование // Технический документ всемирного банка. Департамент экологически и социально устойчивого развития Региона Европы и Центральной Азии Штаб квартира:1818 Н Street,

N.W. Washington, D.C. 20433 USA Internet: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org) E-mail: [feedback@worldbank.org](mailto:feedback@worldbank.org), 2007. – 64 с.

16. Гусейнов Р.Г. Совершенствование технологии и средств механизации водоснабжения Туркменистана для интенсивного овцеводства: автореф. ... д-ра техн.наук:– Ленинград. Гос.аграр. ун-т, 1991. – 36 с.

17. Оводов В.С. Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение. – М.: Колос, 1984. – 480 с.

18. Усаковский В.М. Водоснабжение в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1989. – 280 с.

19. Каплан Р.М., Яковлев А.А. Механизация водоснабжения на пастбищах. – Алма-Ата: Кайнар, 1986. – 184 с.

20. Мамаев Н. Х. Содержание некоторых микроэлементов в водах сезонных пастбищ // Сб. науч. работ Дагест. НИВИ. – Дагестан, 1974. – Т. 6-7. – С. 284-288.

21. Гумаров Г.С. Использование вод подземных линз для водоснабжения отгонного животноводства // Молодые ученые – агропромышленному комплексу Поволжского региона: сб. науч. работ Саратов. Гос. Аграр. Ун-та им. Н.И.Вавилова. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. аграр. ун-та им. Н.И. Вавилова, 2004.-С. 147-150.

22. Копанев Г.Ф. Механизация водоснабжения в пастбищах Сибири. – Улан-Удэ: Изд-во БАГУ, 2004. – 213 с.

23. Виноградов П.В. О механизированном подъеме воды из наливных колодцев // Тр. Туркмен. с.-х. ин-та им. М.И. Калинина. – Ашхабад: Изд-во ТСХИ, 1970.- Т. 4. – С. 285-288.

24. Рычагов В.В., Флоринский М.М. Насосы и насосные станции. – 4-е изд. – М.: Колос, 1975. – 416 с.

25. Куленов Ш.С. и др. Механизированное водоснабжение пастбищ // Сб. науч. работ Алма-Атинского зооветеринарного института. – А-Ата: Изд-во Алма-Атинского зовет ин-та, 1969. – Т. XIX - С- 58-61. 336 с.

26. Карамбиров Н.А. Сельскохозяйственное водоснабжение. – М.: Агропромиздат, 1986. - 351 с.

27. Хелленов О.Б. Разработка систем механизированного водоснабжения для пустынных пастбищ отгонного животноводства (принципы построения и опытная проверка в условиях Туркменской ССР): автореф. ...д-ра техн. наук. – М.: Изд-во ВНИИМСХ, 1984. – 38 с.

28. Николадзе Г.И. Водоснабжение. – М.: Изд. лит. по строительству, 1965. – 240 с.

29. Бабенко И.И. Водоснабжение животноводческих ферм. – М.: Колос, 1964. – 285 с.

30. Абрамов И.Н. Водоснабжение. – 3 – е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.

31. Гумаров Г.С. Совершенствование рабочего процесса и конструкции рабочего процесса ленточного водоподъемника. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2002. – 110 с.

32. Каскарауов И.А., Каплан Р.М. К исследованию ленточных водоподъемников для пастбищных скважин //Вестник с.-х. науки. – 1971. – № 7. – С. 101-107.

33. Машков В.Н. Исследование ленточных водоподъемников и некоторые вопросы их эксплуатации на шахтных колодцах в пустынях Средней Азии: автореф. ...канд. техн. наук: – Ташкент: Изд-во ТИИИМСХ, 1958. – 25 с.

34. Исаев В.А., Кульпин П.И. Исследование влияния натяжного устройства ленточного водоподъемника на взмучивание воды // Механизация работ в животноводстве: сб. науч. работ / Саратов. СХИ. – Саратов, 1975. – Вып. 43 – С. 147-149.

35. Кульпин П.И. Исследование малогабаритного ленточного водоподъемника для пастбищных шахтных колодцев: автореф. ... канд. техн. наук. – Алма-Ата: Изд-во Каз. с.-х. ин-та, 1973. – 30 с.

36. Кубашева Ж.К., Бакушев А.А., Полянин В.К. Анализ устройств для поверхностного отбора воды. // Развитие народного хозяйства в Западном Казахстане: потенциал, проблемы и перспективы: материалы междунауч.-практ. конф. – Уральск, 2003. – Кн. 2. – С. 144-145.

37. Кубашева Ж.К., Гумаров Г.С. Классификация устройств двухстадийного отбора воды // Ресурсосберегающие технологии технического сервиса: материалы междунауч. науч.-практ. конф. – Уфа, 2007. – Кн. 2. – С. 37-41.

38. А.С. 1116210 СССР. Ленточный водоподъемник / В.В. Самодуров, В.П. Попов, В.И. Козубов; опубл. 30.09.84, Бюл. № 36. – 2 с: ил.

39. Гумаров Г.С., Завражнов А.И. Эффективность технологического процесса и технических средств водоснабжения пастбищного животноводства. – Мичуринск: Изд-во Мичур. гос. агр. ун-та, 2005. – 234 с.

40. А.С. 414383 СССР. Устройство поверхностного отбора воды / П.Л. Полозов, Р.Г. Гусейнов, В.С. Медяный; опубл. 05.02.74, Бюл. № 5. – 2 с: ил.

41. А.С. 30791 Республика Казахстан. Устройство поверхностного отбора воды / Г.С. Гумаров; опубл. 15.11.01, Бюл. № 1. – 2 с: ил.

42. Механизированные способы очистки шахтных колодцев / под общ. ред. Л. Е. Тажибаева. – Алма-Ата: Кайнар, 1980. – 96 с.

43. Оводов В.С., Ильин В.Г. Проектирование сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 383 с.

44. Усаковский В.М. Водоснабжение и водоотведение в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 2002. – 328 с.

45. Ауланбергенов Ә.А., Қадырбаев Ә.Қ. Гидравлика негіздері және ауыл шаруашылығын сумен қамтамасыз ету. – Алматы: Білім, 1996. – 184 б.
46. Кубашева Ж.К. Технология водоснабжения пастбищного животноводства на основе использования колодцев-копаней // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 2. – С. 36.
47. Кубашева Ж.К. Технологические схемы водоснабжения сельскохозяйственных животных из колодцев-копаней в пастбищных условиях// Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2008. – № 5. – С. 53-54.
48. Чугаев Р.Р. Гидравлика. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.
49. Куленов Ш.С. Расчет схемы механизации водоснабжения овец на пастбищах с применением наливных водопойных пунктов //Вестник с.-х. науки. – 1984. – № 4. – С. 81-85.
50. Тажибаев Л.Е., Ким Н.Ф., Мальков В.А. Основы гидравлики и гидромеханизация сельскохозяйственного производства. – Алма-Ата: Изд-во Каз.СХИ, 1986. – 110 с.
51. Мельников СВ. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, Ленинград. отд-ние, 1985. – 640 с.
52. Цивильский В.Л. Теоретическая механика: учебник для втузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2004. – 343с.
53. Кусаинов А.А., Булаткулов С.А, Кацин В.А., Мещеряков В.И. Инженерная механика. Статика, кинематика, динамика: учебное пособие для студентов технических специальностей вузов Казахстана. – Алматы.: Издательство «ЭВЕРО», 2005. – 316 с.
54. Константинов М.М. Выбор и расчет параметров водоподъемно-энергетического оборудования // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 5. – С. 16-17.
55. Усаковский В.М. Водоподъемники в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1969. – 223 с.; Великонис В.Ю. Поение крупного рогатого скота на культурных пастбищах // Информ. листок. – Вильнюс, 1970. – № 22. – 2 с.
56. Предпатент 14347 Республика Казахстан. Устройство поверхностного отбора воды / Г.С. Гумаров, Ж.К. Кубашева; опубл. 05.05.04, Бюл.№ 5. – 2 с: ил.
57. Предпатент 20721 Республика Казахстан. Устройство для поверхностного отбора воды / Г.С. Гумаров, Ж.К. Кубашева; опубл. 16.02.09, Бюл.№ 2 – 2с: ил.
58. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высш.шк., 1986. – 416 с.
59. Мареев А.Г. Механизация очистки шахтных колодцев. – Алма-Ата: Кайнар, 1975. – 86 с.

60. Коргасбаев Ж.К., Есполов Т.И., Сыдыбаев С.С., Сакенов М.Ж. Пути совершенствования эксплуатации и очистки шахтных колодцев пастбищ: аналит. обзор – Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1988. – 55 с.
61. Мисенев В.С., Мурашев С.И., Поляков С.И. Водоснабжение животноводческих ферм и пастбищ. – М.: Колос, 1974. – 335 с.
62. Соколов В.М. Механизация водоснабжения в овцеводстве. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 54 с.
63. Тажибаев Л.Е., Усенко В.С., Николадзе Г.И. Мелиорация и водное хозяйство: справочник / под редакцией В.Н. Олейника. – М.: Агропромиздат, 1992. – Т. 7. – 287 с.
64. Брагинец Н.В., Палишкин Д.А. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства.- 3-е изд, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1991. – 191 с.
65. Абрамов Н.Н., Поспелов М.М., Сомов М.А. Расчет водопроводных сетей: учебное пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1983. – 278 с.
66. Зацепин В.Н. Курсовое и дипломное проектирование водопроводных и канализационных сетей и сооружений. – Л.: Стройиздат, 1981. – 176 с.
67. Луговской М.В., Кашеков Л.Я., Усаковский В.М., Белозорков Н.П., Лихоедко П.К. Средства механизации и основы расчета систем сельскохозяйственного водоснабжения. – М.: Машиностроение, 1969. – 264 с.
68. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. Киселева П.Г. – М.: Энергия, 1974 – 313 с.
69. Енохович А.С. Справочник по физике и технике. – М.: Просвещение, 1983. -255 с.
70. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – 15-е изд. перераб. – М.: Наука. Физматлит, 1998. – 608 с.
71. Налимов И.А., Мусин И.А. Планирование эксперимента при моделировании погрешности средств измерений. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 136 с.
72. Кубашева Ж.К. Экспериментальная установка и результаты исследований рабочего процесса устройства поверхностного отбора воды из колодцев-копаней // Материалы междун.научно-практ.конф. - Алматы: Изд-во Агроуниверситет, 2010. – С-221 - 225.
73. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1975. – 157 с.
74. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
75. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – 165 с.

76. Химельблау Д. Анализ процессов статическими методами. – М.: Мир, 1973. – 196 с.
77. Налимов В.В., Голикова Т.И. Логические основания планирования эксперимента: монография. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1981. – 151 с.
78. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. – М.: Металлургия, 1969. – 159 с.
79. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
80. Грачев Ю.А. Математические методы планирования экспериментов. – М.: Пищепром, 1979. – 199 с.
81. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – 2 изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
82. Хартман К., Рецей Э., Ньюфер В. Планирование эксперимента и исследований технологических процессов. – М.: Мир, 1977. – 243 с.
83. Листопад И.А. Планирование эксперимента в исследованиях по механизации сельскохозяйственного производства. – М.: Агропромиздат, 1989. – 88 с.
84. Радченко Г.Е. Планирование эксперимента при поиске оптимального условия протекания процесса. – М.: Колос, 1978. – 70 с.
85. Moge T., Sahni K.L. The effect of water deprivation on wool production of Chokla sheep under semi – arid conditions // Indian veter.,J. – 1977. – Vol. 54, № 10. – P. 818 – 822.
86. Нуртаев Ш.Н., Кубашева Ж.К. Результаты многофакторного исследования работы водоподъемной установки с устройством поверхностного отбора воды из заиленных шахтных колодцев и пастбищных колодцев-копаней // Материалы междун.научно-практ.конф. – Алматы: Изд-во Агроуниверситет, 2010. – С. 167-172.
87. Общетеchnический справочник / под общ. ред. Е.А. Скороходова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 512 с.
88. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Т. 4. – М.: Машиностроение, 1974. – Т. 4. – 806 с.
89. Bohra H.C., Ghosh P.K. Effect of restricted water intake during summer on the digestibility off cellwall constituents, nitrogen retention and water e[cretion in Marwari sheep Agr.Sc. – 1977. – Vol. 89. – P. 3.
90. Соколов В.М. Механизация водоснабжения в овцеводстве. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 54 с.
91. Оводов В.С., Ильин В.Г., Ересенков Н.И. Водоснабжение отгонного животноводства. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 340 с.

92. Тажибаев Л.Е., Усенко В.С., Николадзе Г.И. Мелиорация и водное хозяйство: справочник / под ред. В.Н. Олейника. – М.: Агропромиздат, 1992. – Т.7. – 287 с.

93. Константинов М.М., Кушнир В.Г. Технические средства водоснабжения пастбищ // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 6. – С. 12-19.

94. Усаковский В.М. Водоснабжение в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1989. – 280 с.

95. Скобельцын Ю.А., Громадский А.В. Насосы трения. Специальные насосы и подъемники жидкости: учеб. пособие – Краснодар: Изд-во Кубан. с.-х. ин-та, 1987. – 115с.

96. Усаковский В.М., Суюнчалиев Р.С. Комплексная механизация в овцеводстве. – М.: Колор, 1982. – 225 с.

97. Поцелуев А.А. Анализ потоков, характеризующих работу подсистем водообеспечение на фермах КРС // Техника в сельском хозяйстве . – 2009. – № 2. – С. 16-17.

98. СП «Санитарно-эпидемиологические требования к водисточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов», приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 16.03.2015 г. №10774.

99. Трусова Л.И., Богданов В.В. Экономическая эффективность нововведений в машиностроении. – Ульяновск: Изд-во Улян. гос. техн. ун-та, 2005. – 82 с.

100. Квашенников В.И., Поздняков В.Д., Сусоев Е.Д., Сусликов В.И. Методические основы определения экономической эффективности технологий, средств механизации и автоматизации животноводства. – Оренбург: Издательский Центр ОГАУ, 2000. – 48 с.

101. Петренко И.Я. Экономика крестьянского (фермерского) хозяйства. – Алматы: Кайнар, 1991. – 368 с.

102. Зюзик Д.Т. Экономика водного хозяйства. – М.: Колос, 1980. – 400 с.

103. Иозайтис В.С., Львов Ю.А. Экономико-математическое моделирование производственных систем. – М.: Высш. шк., 1991. – 192 с.

104. Грамп Е.А. Функционально – стоимостной анализ: сущность, теоретические основы, опыт применения за рубежом. – М.: Информэлектро, 1980. – 64 с.

105. Методические рекомендации по определению технико-экономических показателей использования топлива и энергии в животноводстве. – М.: ВИЭСХ, 1980. – 39 с.

106. Косачев Г.Г. Экономическая оценка сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1978. – 24 с.

107. Косачев Г.Г., Самойленко. Е.М. Экономическая оценка новой техники. // Техника в сельском хозяйстве. –1987. – № 2. – С. 51-55.
108. Энциклопедия фермера. Фермерские хозяйства. Проекты. Технологии. Оборудование / сост.: А.С. Астахов, СВ. Рыжов. – М.: ИВЦ Маркетинг, 1993. –113 с.
109. Власов Н.С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1968. – 223 с.
110. Косачев Г.Г. Экономическая оценка сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1978. – 240 с.
111. Петранова Г.А. Экономика и управление в сельском хозяйстве. – М.: Академия, 2003. – 352 с.
112. Емельяков А.А., Власов Е.А., Дума Р.В. Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 416 с.
113. Чечевицына Л.Н., Чуев Ч.Н. Анализ финансово-хозяйственной деятельности: учебное пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 384 с.
114. Сергеев И.В. Экономика организации: учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 576 с.
115. Экономика предприятия: учебник для вузов / под ред. акад. В.М.Семенова. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Питер, 2007. – 384 с.
116. Практикум по организации, нормированию и оплате труда на предприятиях АПК / под ред. Ю.Н.Шумакова. – М.: КолосС, 2005. – 152 с.
117. Ильченко А.Н. Экономико-математические методы: учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 288 с.

*Научное издание*

**Кубашева Жанна Каиржановна**

*канд. техн. наук*

**ТЕХНОЛОГИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА  
ИЗ ПАСТБИЩНЫХ КОЛОДЦЕВ-КОПАНЕЙ**

**МОНОГРАФИЯ**

Подписано к печати 25.03.2022 г.

Формат 60x80 <sup>1</sup>/<sub>16</sub> Бумага листовая 80 м/г

Объем 6,6 усл.п.л. Заказ №65

Тираж 500 экз.

**Отпечатано в полном соответствии**

**с качеством представленных оригиналов**

в РИЦ НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический  
университет имени Жангир хана»

090009, г. Уральск, Жангир хана, 51