

Стационарные насосные станции, методы повышения их эффективности и проектные решения при реконструкции Черновской оросительной системы

*И.В. Сатункин, к.с.-х.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ;
А.И. Гуляев, инженер-мелиоратор, ООО «А7 Агро» (Оренбург)*

Одним из основных элементов оросительных систем являются насосные станции, которые обеспечивают подачу воды к поливной технике от водосточника и необходимый напор на гидрантах оросительных сетей [1].

Стационарные насосные станции проектируются на основании технико-экономических расчётов с учётом инженерно-геологических, топографических, гидрологических условий водозабора, комплексного использования водосточника, с максимальным использованием унифицированных и стандартных изделий заводского изготовления, отработанных технологических схем системы управления и автоматизации, требований долговечности и минимальных сроков строительства, наименьшего отчуждения земель, пригодных для сельскохозяйственного производства [1–4].

В связи с интенсивным развитием мелиорации в СССР в 70-е годы прошлого столетия ряд проектных и научных организаций Минводхоза СССР провёл большую работу по созданию блочно-комплектных насосных станций (БКНС). Это те же стационарные

насосные станции, но собираемые полностью на заводах и комплектуемые на месте из отдельных блок-боксов с установленными в них насосным и электротехническим оборудованием, щитами управления, запорно-регулирующей арматурой и КИП [1].

В настоящее время большое количество стационарных и блочно-комплектных насосных станций вышли из строя, разукреплены и не используются. Отдельные насосные станции работают частично, т.к. часть насосов на них вышла из строя и демонтирована.

В то же время ведётся строительство новых стационарных насосных станций на новых оросительных системах, но это не восполняет выход из строя стационарных насосных станций [5].

Известно, что забор воды на существующих мелиоративных насосных станциях с колебаниями уровня более 4 м затруднён из-за ограниченности высоты всасывания центробежных насосов. Многие мелиоративные станции построены заглублёнными, что экономически нецелесообразно. Кроме того, на существующих мелиоративных насосных станциях при необходимых малых напорах устанавливается насосное оборудование с избыточной величиной напора, который из-за необходимости ввода агре-

готов в оптимальный режим гасят задвижками на напорных трубопроводах [6].

Изменить существующее положение можно с помощью установки на всасывающих линиях насосных станций струйных насосов (эжекторов) или установки дополнительных эжекторов на напорных трубопроводах для использования избыточных напоров насосных агрегатов и получения дополнительной подачи воды на поля орошения [6].

Настоящей проблемой занимались многие учёные: В.М.Панин, В.А. Бородзич, Г.Е. Мускевич, Х.Ш. Мустафин, П.Н. Каменев, В.П. Лахтин, С.А. Тарасьянц и др.

Внедрение данных схем в производство ограничено из-за низких энергетических возможностей струйных насосов (КПД ниже 25%) [6].

На существующих мелиоративных головных насосных станциях в основном установлены осевые насосы типа ОВ (осевой вертикальный) и ОПВ (осевой вертикальный с приводом поворота лопастей) с камерным подводом воды. Проектирование отметок заглубления оси насоса относительно горизонта воды в водоисточнике проводится по заводским характеристикам насоса [7].

На практике горизонты воды в водоисточниках (как в реках, так и в подводящих каналах) колеблются в широких пределах, что при падении уровней практически парализует работу насосных станций и всего орошаемого участка из-за уменьшения величины кавитационного запаса, который строго регламентируется заводами-изготовителями. Изменить существующее положение возможно установкой линии рециркуляции с эжекционными устройствами, создающими, в случае необходимости, дополнительный подпор перед рабочим колесом насоса [7].

Эжекционные устройства, в которых путём непосредственного контакта (смешения) осуществляется процесс передачи кинетической энергии одного потока другому, называют струйными насосами (струйными аппаратами).

Рекомендуется:

– на линии рециркуляции перед входом на колесо установить эжекционное устройство кольцевого типа с внутренним диаметром, равным наружному диаметру обтекателя насоса;

– внутренний диаметр линии рециркуляции необходимо принимать с условием, когда скорость рециркуляционного потока не должна превышать 1 м/сек (скорость для всасывающих трубопроводов центробежных насосов). В этом случае потери минимальны, а скорость выхода потока из сопла максимальна;

– при расчётах эжекционного устройства на линии рециркуляции следует принимать такую конструкцию кольцевого двухповерхностного сопла, для которой известны все коэффициенты гидравлических сопротивлений элементов, определённых экспериментальным путём [7].

Проект реконструкции Черновской оросительной системы был разработан в ООО «А7 Агро» по заказу предприятия ОАО «Трастовая компания «Татмелиорация» [8]. Проект предусматривает следующие мероприятия: восстановление (замена) оросительной сети с сооружениями; установка новой дождевальной техники; ремонт здания насосной станции и установка нового насосного оборудования.

Водообеспечение орошаемого участка должно осуществляться Черновским водохранилищем. Вода из водохранилища самотёком по магистральному каналу должна поступать в бассейн суточного регулирования (БСР). Воду на орошаемый участок предусматривается подавать в один подъём стационарной электрифицированной насосной станцией с забором из существующего бассейна суточного регулирования. Нормальный подпорный уровень ёмкости равен 73,45 м³ [9–11].

Грунты на площадке строительства – суглинки тугопластичные мощностью 2,25 м, почвенно-растительный слой – 0,25 м.

Проектная площадь орошения составляет 1769 га. Согласно заданию строительство объекта предусмотрено в две очереди.

Первая очередь строительства включает реконструкцию на площади 1405,4 га: ремонт здания насосной станции и установка нового насосно-силового оборудования; строительство оросительной сети с сооружениями общей протяжённостью 22646 м; установка дождевальных машин кругового действия в количестве 19 шт.

В состав узла сооружений насосной станции входит: водозаборное сооружение, здание насосной станции с размещённым на ней оборудованием, пристанционный напорный трубопровод.

Все сооружения насосных станций относятся к IV классу капитальности и III категории надёжности в соответствии со СНиП 2.06.01-86, СНиП 2.04.02-84 и ВСН 33-2.2.12-87.

Водозаборное сооружение станции предназначено для забора расчётного количества воды и защиты системы от попадания в неё сора и состоит из аванкамеры и всасывающих трубопроводов.

Всасывающие трубопроводы из стальных труб, имеют непрерывный подъём к насосам. Диаметры труб определены из расчёта допустимых скоростей движения воды во всасывающих трубопроводах [9–11].

Высотная компоновка площадки под станцию принята из условия обеспечения благоприятного гидравлического режима на входе в насосы.

Насосное оборудование станции установлено с учётом допустимой геометрической высоты всасывания при минимальном горизонте воды в водоисточнике.

Плановая компоновка в здании насосной станции принята из условия обеспечения наибольшего

удобства и надёжности эксплуатации при существующих размерах здания.

Для обеспечения требуемого расчётного расхода 1092 л/с с напором 98 м на оросительную сеть в качестве насосного оборудования приняты четыре рабочих насоса марки 1Д1250-125а (рис. 1, 2) с электродвигателем А355MLD-4У3 с независимой вентиляцией мощностью 500 квт, напряжением 380/660 в [10, 11].

Всасывающие линии насосов оборудованы запорной, напорные – запорной и предохранительной арматурой. Диаметр арматуры принят соответствующий диаметрам труб и их соединений.

Для пуска основного насоса, установленного с использованием высоты всасывания, применяется вакуум-система. Вакуум-система состоит из двух вакуум-насосов ВВН1-1.5 с электродвигателем АИР112М4У3 N=5,5 квт (один – рабочий, второй – резервный), заливочного бачка ёмкостью 80 л и вакуум-котла ёмкостью 1,25 м³. Для первоначальной заливки установлен ручной насос марки РПН 1.3/30, в дальнейшем подпитывание осуществляется из напорного трубопровода основных насосов и ёмкости вакуум-котла [10, 11].

Дренажная система предусмотрена для отвода воды от сальников насоса, сброса из вакуум-системы. Дренажная система состоит из погружного насоса марки ГНОМ 16-16 мощностью 1,7 квт и отводящего трубопровода.

Для измерения расхода и объёма воды предусмотрен ультразвуковой расходомер АКРОН-01. Расходомер АКРОН-01 устанавливается в колодце из сборных железобетонных элементов диаметром 1000 мм на площадке насосной станции.

Напорный пристанционный трубопровод изготовлен из стальных труб диаметром 1020×10 по ГОСТу 10704-91.

Здание станции полузаглубленного типа, его размер по плану равен 6×42 м. Высота здания от пола до низа несущих конструкций покрытия равна 4,8 м. Здание построено из сборных железобетонных панелей «Росоргтехводстроя» швеллерного сечения по серии 3.820.9-48, вып. 1.

Здание состоит из машинного зала с основным технологическим оборудованием размером 6×30 м и помещения щита станции управления – 6×12 м.

Проектом предусмотрена реконструкция здания насосной станции, а именно: ремонт здания и кровли, частичная замена полов, существующей отделки, оконных заполнений металлических конструкций, заполнение дверных проёмов, существующих оконных проёмов, ремонт вентиляции, восстановление отмостки. Отопление электропитания предусмотрено электроконвекторами. Проектом также предусмотрен демонтаж существующего насосно-силового оборудования и вывоз на склад ФГБУ Управление Оренбургмелиоводхоз.

Для монтажа и эксплуатации оборудования, арматуры и трубопроводов в здании станции используется существующая электрифицированная кран-балка г/п 3,2 т.

Оросительная сеть запроектирована трубчатой, тупиковой, из полиэтиленовых труб (ГОСТ 18599-2001) марки ПЭ100SDR17 и ПЭ100SDR21, диаметром от 250 мм до 1000 мм, общей протяжённостью 22646 м [10, 11].

Поливная техника подключается к гидрантам закрытой оросительной сети через фланцевое соединение трубой, поставляемой в комплекте дождевальная машины.

Схема оросительной сети в плане обусловлена техникой полива, рельефом местности и конфигурацией участка.

Тип поливной техники принят соответствующим заданию, выбор модификации произведён из расчёта возможного вовлечения площадей в орошение. Проектом приняты дождевальные машины кругового действия Valley ($L_{\text{маш}}=495$ м, $Q=76,5$ л/с, $h_{\text{св}}=30$ м) – 19 комплектов. Проект предусматривает максимальную одновременную работу 14 дождевальных машин.

Вторая очередь строительства включает реконструкцию на площади 363,6 га: строительство оросительной сети с сооружениями общей протяжённостью 7431 м; установка дождевальных машин кругового действия в количестве 6 шт.

Оросительная сеть запроектирована трубчатой, тупиковой, из полиэтиленовых труб (ГОСТ 18599-2001) марки ПЭ100SDR17 и ПЭ100SDR21, диаметром от 250 мм до 500 мм, общей протяжённостью 7431 м.

Предусмотрено подключение поливной техники к гидрантам закрытой оросительной сети через фланцевое соединение трубой, поставляемой в комплекте с дождевальной машиной.

По плану схема оросительной сети обусловлена принятой в хозяйстве техникой полива, рельефом местности и конфигурацией участка.

Проектом приняты дождевальные машины кругового действия Valley ($L_{\text{маш}}=495$ м, $Q=76,5$ л/с, $h_{\text{св}}=30$ м) – 6 комплектов.

Хозяйство определило и представило виды культур, поливные и оросительные нормы для этих культур и график полива, согласованные с Южноуральским филиалом ФГБУ «Управление «Оренбургмелиоводхоз». Проектом составлен график водоподдачи на 1 полив на расчётный случай работы максимального количества дождевальных машин, наиболее удалённых от насосной станции и находящихся в наиболее невыгодных топографических условиях.

На основе графика водоподдачи производится гидравлический расчёт сети. Гидравлическим расчётом определяются оптимальные диаметры и материал трубопроводов с учётом допустимых скоростей, свободных напоров дождевальной

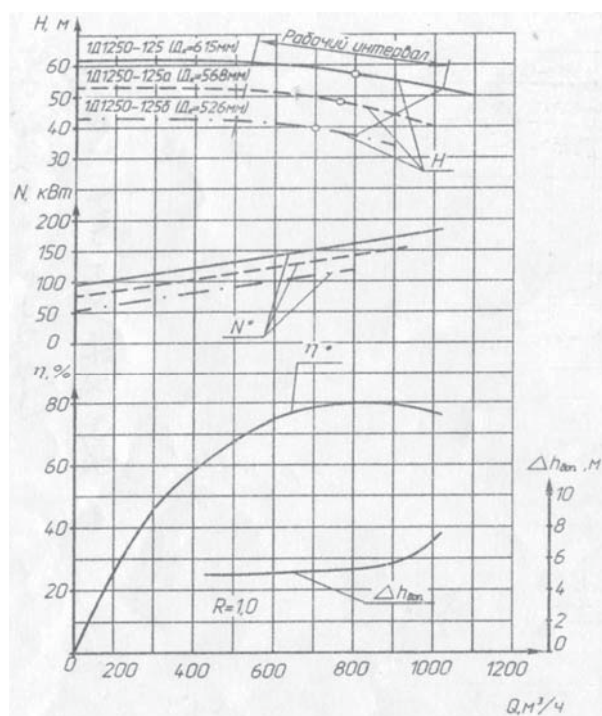


Рис. 1 – Характеристика насоса агрегата 1Д1250-125. Частота вращения $16,3 \text{ с}^{-1}$ ($n=980 \text{ об/мин}$). Жидкость – вода плотностью 1000 кг/м^3 : * данные для насоса

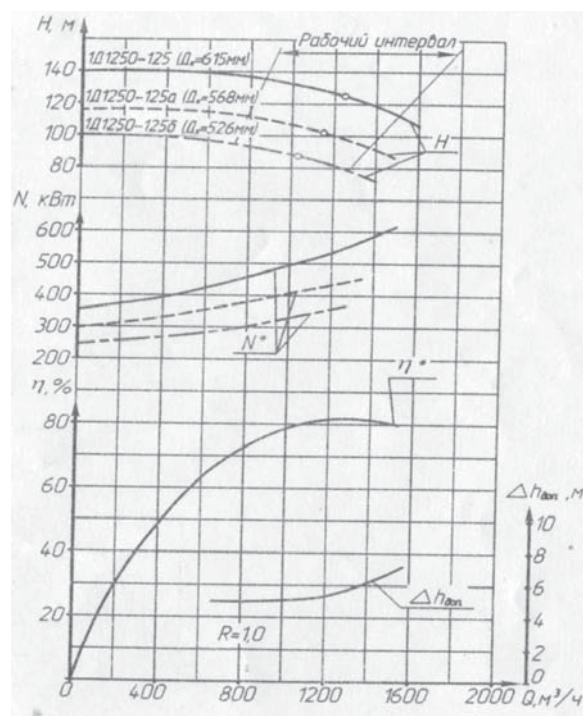


Рис. 2 – Характеристика насоса агрегата 1Д1250-125. Частота вращения $24,2 \text{ с}^{-1}$ ($n=1450 \text{ об/мин}$). Жидкость – вода плотностью 1000 кг/м^3 : * данные для насоса

техники и потерь в сети при расчётных расходах. Расчётный расход составил 1092 л/с , напор – 98 м . Согласно расчётному расходу и напору произведён подбор насосного оборудования. Для въезда и выезда с поля используются существующие полевые дороги. Вдоль трубопроводов предусматривается монтажная полоса, совмещённая с эксплуатационной дорогой, шириной $5,5 \text{ м}$ с выравниванием по трассе грейдером или бульдозером, которая может ежегодно распахиваться.

Для вывоза продукции может быть использована автодорога с асфальтовым покрытием Илек – Оренбург [10, 11].

Проектное использование земель орошаемых участков. С целью повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий предусматривается реконструкция орошаемых земель.

По данным, представленным заказчиком, на участке реконструкции площадью 1769 га планируется выращивание зерновых культур на площади 418 га , кукурузы на площади 576 га , овощных культур на площади 50 га , картофеля на площади 404 га , однолетних трав на площади 192 га .

Земельный фонд массива орошения. Общая валовая площадь реконструкции составляет 2380 га , площадь нетто – 1769 га , из них $1405,4 \text{ га}$ – первая очередь строительства, $363,6 \text{ га}$ – вторая очередь строительства. Распределение площадей по полям приведено в книге 1, раздел 3. В ООО «Иммобилен» выполнен проект планировки и межевания на общую площадь 2380 га , из которых

площадь нетто орошаемая реконструкции составляет 1769 га [9, 11].

Источником орошения является Черновское водохранилище. Вода из водохранилища самотёком по магистральному каналу поступает в бассейн суточного регулирования (БСР). Подачу воды на орошаемый участок предусматривается осуществлять в один подъём электрифицированной насосной станцией с забором из существующего бассейна суточного регулирования. Объём водохранилища составляет $52,7 \text{ млн м}^3$, объём БСР – 86 тыс. м^3 [9, 10].

Таким образом, по заказу ООО «А7 Агро» (с. Кардаилово, Илекский район Оренбургской области) открытое акционерное общество «Трастовая компания «Татмелиорация» разработала проект по установке нового насосного оборудования Черновской оросительной станции с учётом допустимой геометрической высоты всасывания при минимальном горизонте воды в водоисточнике. Для пуска основного насоса, установленного с использованием высоты всасывания, применена вакуум-система. Такой подход является целесообразным и ориентирован на технико-экономическую эффективность предлагаемого проектного решения.

Литература

1. Ольгаренко Г.В. Насосные станции для орошения: справочное пособие / Г.В. Ольгаренко, С.М. Давшан, С.С. Савушкин [и др.]. Коломна, 2007. 304 с.
2. Соболин Г.В. Мелиорация в степных условиях Южного Урала / Г.В. Соболин, И.В. Сатункин, Ю.А. Гулянов [и др.] // Т. 1. Водные и гидротехнические ресурсы Оренбуржья, России и других стран СНГ: учебное пособие. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2011. 412 с.; Т. 2. Оросительные

- системы: учебное пособие. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2011. 370 с.
3. Соболин Г.В. Словарь терминов и основных понятий по ирригации и экологии: учебное пособие / Г.В. Соболин, Г.В. Петрова, И.В. Сатункин [и др.]. Оренбург, 2007. 172 с.
 4. Соболин Г.В. Проектирование оросительной системы с водохранилищем на местном стоке в степных условиях Южного Урала: учебное пособие / Г.В. Соболин, И.В. Сатункин, Л.Н. Хилько [и др.]. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2006. 192 с.
 5. Гуляев А.И. Мелиорация в Оренбургской области, современное состояние и пути ее развития/ А.И. Гуляев, И.В. Сатункин, Г.В. Соболин [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 1 (21). С. 42–45.
 6. Александров В.В. Повышение эффективности мелиоративных насосных станций методом внедрения эжекции во всасывающие и напорные трубопроводы центробежных насосов: автореф. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2012. 23 с.
 7. Ананьев С.С. Технические и гидравлические параметры линии рециркуляции с эжекционным устройством на мелиоративных насосных станциях, оборудованных осевыми насосами: автореф. ... канд. техн. наук. Новочеркасск, 2012. 24 с.
 8. Лесных О. Остановки не предвидятся // Мелиорация. Наука и практика. 2017. № 1. С. 42–46.
 9. Сатункин И.В. Реализация программы мелиорации земель в Оренбургской области / И.В. Сатункин, И.М. Головкова, А.И. Гуляев [др.] // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства: матер. междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 50-летию Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия. Волгоград: ВНИИОЗ, 2017. С. 195–199.
 10. Открытое акционерное общество «Трастовая компания «Татмелиорация». Реконструкция Черновской оросительной системы на площади 1769 га в ООО «А7 Агро» с. Кардаилово Илекского района Оренбургской области. Проектная документация. Разд. 3. Технологические и конструктивные решения. Искусственные сооружения (ОРС, НС). Кн. 1. Казань, 2017.
 11. ООО «ОренбургЗаказСтрой». Проектная документация. Реконструкция Черновской оросительной системы на площади 1769 га в ООО «А7 Агро», с. Кардаилово Илекского района Оренбургской области. Разд. 3. Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного сооружения. Кн. 2. Оренбург, 2017.