

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Обзорная статья

УДК 626.83:626.86

doi: 10.31774/2658-7890-2023-5-2-40-53

Состав и расположение гидротехнических сооружений мелиоративных насосных станций

Антон Леонидович Кожанов¹, Андрей Андреевич Кириленко²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹AntonKozhanov1983@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4240-1967>

²andreykirilenko96@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2868-3774>

Аннотация. Цель: анализ состава и расположения гидротехнических сооружений мелиоративных насосных станций. **Обсуждение.** Объектом исследований являются гидротехнические сооружения, входящие в состав мелиоративных насосных станций при проектировании. При проведении исследований выполнялись поиск, анализ и систематизация научной, технической, нормативной и нормативно-технической документации, а также современных наработок в области проектирования и расчета мелиоративных насосных станций. В ходе исследований применялись аналитический, сравнительный и логический методы. Установлено, что мелиоративные насосные станции могут быть как оросительными, осушительными, в т. ч. польдерными, так и сельскохозяйственного водоснабжения. Выявлены основные особенности каждого вида насосных станций в зависимости от режима их работы, качества подаваемой воды, уровней воды, сезонности работы, капитальности, типа водоисточника, типа водозабора, необходимости подачи сточных вод или животноводческих стоков, вероятности подтопления местности и других параметров, которые влияют на состав и расположение сооружений. На основе этих данных установлены типы гидротехнических сооружений, которые могут входить в состав различных мелиоративных насосных станций. **Выводы.** В результате исследований определен состав основных и вспомогательных сооружений мелиоративных насосных станций. Определены основные схемы типовых сооружений насосных станций и их расположение, схемы сооружений оросительных насосных станций, применяемых для орошения сточными водами или животноводческими стоками, условия выноса зданий насосных станций в русло водоисточника при проектировании. Полученные результаты позволяют применить данные положения при разработке нормативных положений по нормам проектирования гидротехнических сооружений мелиоративных насосных станций, входящих в их состав.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, оросительная насосная станция, осушительная насосная станция, норма, проектирование

Для цитирования: Кожанов А. Л., Кириленко А. А. Состав и расположение гидротехнических сооружений мелиоративных насосных станций // Экология и водное хозяйство. 2023. Т. 5, № 2. С. 40–53. <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2023-5-2-40-53>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Review article

The composition and location of waterworks of reclamation pumping stations

Anton L. Kozhanov¹, Andrey A. Kirilenko²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹AntonKozhanov1983@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4240-1967>

²andreykirilenko96@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2868-3774>

Abstract. Purpose: to analyze the composition and location of waterworks of reclamation pumping stations. **Discussion.** The object of research is the waterworks included in the reclamation pumping stations while designing. In the course of the research, the search, analysis and systematization of scientific, technical, regulatory and reference documentation, as well as modern developments in the field of design and calculation of reclamation pumping stations were carried out. During the research, the analytical, comparative and logical methods were used. It has been found that reclamation pumping stations can be both irrigation, drainage, including polder, and for agricultural water supply. The main features of each type of pumping stations are identified according the mode of their operation, the quality of the water supplied, water levels, performance seasonality, durability, type of water source, type of water intake, the need to supply sewage or livestock effluents, the likelihood of flooding and other parameters that affect the composition and location of waterworks. Based on these data, the types of waterworks that can be a part of various reclamation pumping stations have been determined. **Conclusions.** As a result of the research, the composition of the main and auxiliary reclamation pumping stations facilities was determined. The main layout of typical pumping station structures and their location, layout of irrigation pumping stations facilities used for irrigation with wastewater or livestock effluents, conditions for installing pumping station facilities into the water source course during designing are determined. The results obtained make it possible to apply these provisions in the development of regulations on the design standards for waterworks of reclamation pumping stations that are part of them.

Keywords: waterworks, irrigation pumping station, drainage pumping station, standard, design

For citation: Kozhanov A. L., Kirilenko A. A. The composition and location of waterworks of reclamation pumping stations. *Ecology and Water Management*. 2023;5(2):40–53. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2023-5-2-40-53>.

Введение. Начиная с XX в., когда в России на государственном уровне были поставлены вопросы мелиорации, происходит постоянное внедрение в практику мелиоративного строительства новых технологий и технических средств. При этом всегда имеет место тривиальная недостаточная обоснованность проектов мелиоративных систем, которая в дальнейшем приводит к критическому снижению технико-экономических показателей сооружений, что в свою очередь требует организации эффективного «механизма» поддержания технического состояния сооружений, а не регулярной борьбы с последствиями. При этом мелиоративные насосные

станции (МНС) являются важнейшим компонентом любой системы искусственного орошения, а также большинства систем осушения. Они позволяют принудительно подавать воду под давлением к сельскохозяйственным участкам или отводить с осушаемой территории.

Так, среди основных направлений государственной политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности, согласно гл. VI п. 19Б Указа Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации»¹, отмечена важность развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения как за счет поддержания в нормативном состоянии, так и за счет строительства мелиоративных систем, в состав которых, в частности, входят насосные станции (НС), обеспечивающие подачу оросительной воды с необходимым напором и расходом [1–3].

Также хотелось бы отметить, что имеющаяся в настоящее время нормативная документация по проектированию МНС уже устарела либо уже не применяется на территории РФ. С учетом совокупности указанных положений встает необходимость актуализации апробированных технических норм, методик и рекомендаций по проектированию МНС и создания очередного стратегического документа в сфере технического регулирования. Так, разработка нормативного документа, устанавливающего основные положения по проектированию МНС, имеет особую актуальность и обоснованность.

Одним из основных моментов при проектировании МНС является выбор входящих в них гидротехнических сооружений с целью их дальнейшего расчета для минимизации потребления энергии [4–6]. В связи с этим целью настоящей статьи является анализ состава и расположения гидротехнических сооружений МНС.

¹Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ от 21 янв. 2020 г. № 20. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

Обсуждение. Объектом исследований являются возможные гидротехнические сооружения, входящие в состав МНС при проектировании. При проведении исследований осуществлялся поиск и анализ научной, технической, нормативной и нормативно-правовой документации, а также современных наработок в области проектирования и расчета МНС таких ученых, как А. М. Сальва, С. И. Корнюшенко, Ю. В. Аникин, Л. И. Ушакова, Ю. Г. Буркова, Ю. И. Сухарев, М. С. Али, А. С. Тарасьянц и др. В ходе исследований применялись аналитический, сравнительный и логический методы.

При проектировании МНС на начальном этапе определяются с составом сооружений. При этом состав сооружений, их конструктивные решения могут зависеть от значительного числа факторов, таких как назначение МНС, местоположение, расходно-напорные характеристики, рельеф местности, уровни воды в водоисточниках и др.

Основным элементом является машинный зал, который присутствует у всех стационарных МНС, но также в их состав могут входить следующие гидротехнические сооружения² [7–11]:

- аванкамера;
- водоприемные сооружения;
- водозаборные сооружения;
- рыбозащитные устройства;
- водоводы, соединительные трубопроводы;
- подводный канал или закрытый трубопровод;
- здание НС;
- трансформаторная подстанция;
- напорный трубопровод;

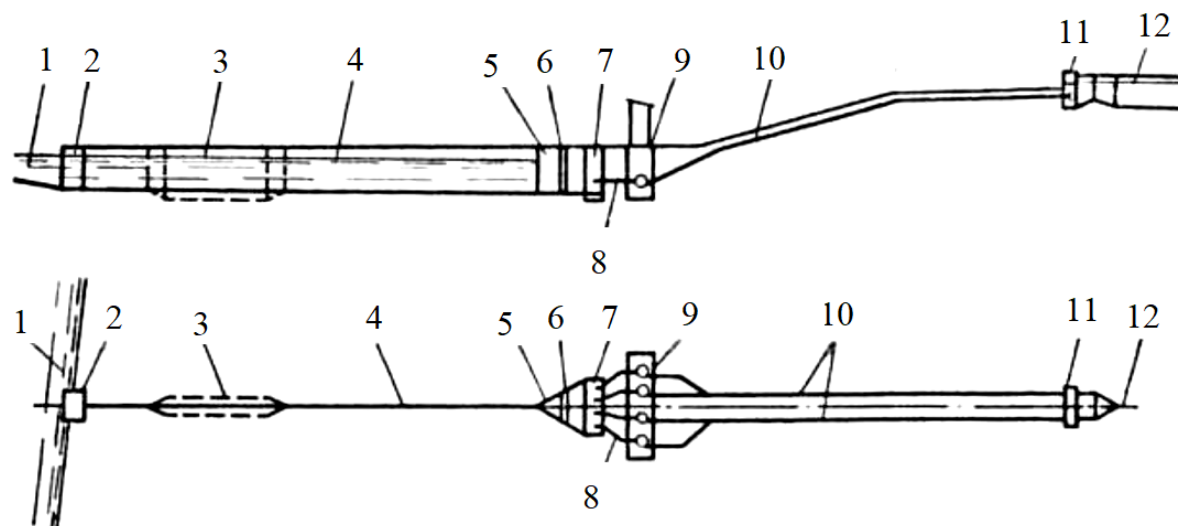
²Мелиоративные системы и сооружения. Насосные станции. Нормы проектирования [Электронный ресурс]: ВСН 33-2.2.12-87: утв. М-вом мелиорации и вод. хоз-ва СССР 31.12.87: введ. в действие с 01.07.88. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

- водовыпускные сооружения;
- напорные трубопроводы;
- сороудерживающие сооружения;
- аварийные водосбросы;
- сооружения и здания маслохозяства;
- компрессорные;
- котельные;
- наружные сооружения и сети водоснабжения и канализации;
- вспомогательные здания и сооружения;
- и другие сооружения.

Далее рассмотрим особенности и состав сооружений основных МНС, таких как оросительные, осушительные, в т. ч. польдерные, и сельскохозяйственного водоснабжения.

Отличительной особенностью оросительных НС является их режим работы только лишь в теплый вегетационный период, который длится от четырех до девяти месяцев. При этом бывают и редкие исключения, когда оросительные НС подают воду в различные емкости, бассейны или водохранилища сезонного, многолетнего регулирования круглый год и останавливаются только для прохождения различных ремонтов. К оросительным НС не предъявляются требования предварительной очистки воды, только удаление «предметов», которые могут вызвать поломку насосных агрегатов. Но могут присутствовать оросительные НС, в которых предъявляются повышенные требования к качеству воды, в том случае если вода подается непосредственно к дождевальным машинам, требовательным к качеству очистки воды из-за применения дождевальных насадок, требующих установки сеток или фильтров¹ [12–14]. Сезонная работа оросительных НС дает возможность при проектировании учитывать этот фактор и упрощать конструкции зданий за счет менее требовательных по теплопроводности конструкций, при этом допускается не отапливать в зимний период.

В связи с тем, что оросительные НС в большинстве случаев забирают воду из поверхностных водоисточников, их компоновка и состав сооружений могут быть разнообразными, но наиболее распространенная схема приведена на рисунке 1 [8–11, 15].



1 – водоисточник; 2 – водозаборное сооружение; 3 – отстойник; 4 – подводящий канал (лоток, трубопровод); 5 – аванкамера; 6 – сооружение сороудерживающее; 7 – водоприемник НС; 8 – всасывающий трубопровод; 9 – здание НС; 10 – напорный трубопровод; 11 – сооружение водовыпускное; 12 – отводящий канал

1 – water source; 2 – intake facility; 3 – settling basin; 4 – headrace (flume, pipeline); 5 – diversion chamber; 6 – trash-holding structure; 7 – water inlet PS; 8 – suction pipeline; 9 – PS facility; 10 – head pipeline; 11 – water outlet structure; 12 – tailrace

Рисунок 1 – Схема компоновки типовых сооружений оросительной насосной станции

Figure 1 – Layout scheme of typical facilities of irrigation pumping station

При этом состав сооружений может отличаться в тех или иных условиях. При необходимости регулирования уровней воды в подводящих каналах или опустошения каналов для ремонта устраивают шлюзы-регуляторы на входе в канал (головной шлюз-регулятор), для проведения очистки от взвешенных наносов устраивают отстойники, наносоулавливающие или наносоперехватывающие сооружения, каналы-отстойники [8–11, 15–17]. Необходимость проектирования любого из дополнительных сооружений должна обосновываться технико-экономическим расчетом.

Распространенными типами оросительных НС, используемых на системах, являются перекачивающие на трассах каналов с различным составом и расположением сооружений. В них могут входить аванкамера, водоприемник, здание НС, рыбозаградительные сооружения, сороудерживающие сооружения.

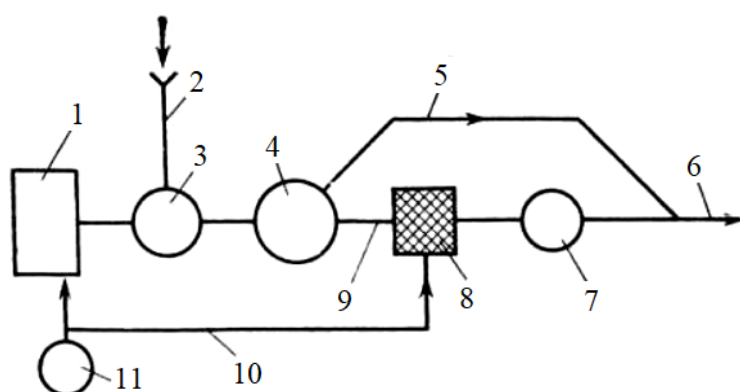
Водоприемники проектируют для предупреждения заиления при необходимости уменьшения габаритных размеров аванкамеры или по конструктивным особенностям оросительной НС. При заборе воды из водоисточников, в которых происходят значительные колебания уровней воды, малые и средние оросительные НС проектируют по принципам водозаборных сооружений для целей водоснабжения. Но на практике существуют примеры, в которых здания НС располагают в русле водоисточника (река, водохранилище) при отсутствии в данной зоне береговых течений при следующих условиях [8–11, 16, 18, 19]:

- колебания уровней воды в водоисточнике более 5 м;
- затопления пойм шириной более 300 м;
- недостаточные глубины прибрежной зоны водоисточника;
- мощные береговые течения воды, насыщенные наносами;
- неблагоприятные геологические условия для строительства подводящего канала и здания НС;
- устойчивый участок русла водоисточника;
- достаточные глубины для размещения водоприемных отверстий.

При размещении оросительной НС в русле водоисточника ее здание проектируют совместно с рыбозащитными и сороудерживающими сооружениями и водоприемником, без устройства подводящих каналов, аванкамер и различных шлюзов-регуляторов и обязательно согласовывают с условиями пароходства и рыбными хозяйствами. При расположении оросительных НС вблизи плотин их здания проектируют в нижнем бьефе или в устоях водосливных плотин. Возможно совмещение низконапорных оро-

сительных НС с плотинами [8–11, 16, 19]. Если имеется необходимость проектирования оросительной НС с напором выше, чем позволяют выпускаемые промышленностью насосы, то проектируют каскад оросительных НС, при этом здания НС последующих подъемов размещают с условием, чтобы насосы работали в режиме незначительного подпора [8–11, 20].

При проектировании оросительных НС на системах с использованием сточных вод или животноводческих стоков в их состав включают дополнительные сооружения (рисунок 2).



1 – накопитель стоков; 2 – трубопровод подачи в резервуар; 3 – приемный резервуар;
4 – НС перекачки; 5 – трубопровод подачи стоков в закрытую сеть; 6 – напорный
трубопровод; 7 – НС подачи в закрытую напорную сеть; 8 – смешивательная камера;
9 – трубопровод подачи стоков в смешивательную камеру; 10 – трубопровод подачи
чистой воды; 11 – НС чистой воды

1 – wastewater containment; 2 – delivery pipeline to the tank; 3 – receiving tank;
4 – pumping PS; 5 – wastewater delivery pipeline to a closed network; 6 – pressure pipeline;
7 – delivery PS to a closed head network; 8 – mixing chamber; 9 – wastewater delivery
pipeline to the mixing chamber; 10 – clean water delivery pipeline; 11 – pure water PS

Рисунок 2 – Схема сооружений оросительных насосных станций при орошении сточными водами или животноводческими стоками

Figure 2 – Scheme of structures of irrigation pumping stations for irrigation with sewage or livestock effluents

Отличительной особенностью осушительных НС является их перекачка водных ресурсов из открытых каналов-дрен, коллекторов, скважин вертикального дренажа в водоприемники с учетом вероятного непродолжительного подтопления местности.

С учетом данных явлений здания осушительных НС проектируют

так, чтобы пол наземной и верх подземной части располагались не менее чем на 0,5 м выше отметок земли или максимально возможного уровня воды. При возможности отвода воды из осушительного коллектора самотечком устройство НС нецелесообразно, поэтому проектируют самотечный сброс, как отдельно стоящий, так и совмещенный со зданием НС. В связи с тем, что по осушительным каналам или коллекторам поступает большое количество мусора, веток, необходимо предусматривать надежные сорочистные сооружения [8–11, 16, 19, 21, 22].

При условии подвода воды к осушительной НС по трубопроводам НС проектируют как станцию подкачки, но если данные трубопроводы работают в непрерывном режиме и не происходит подтопления дрен, то необходимо предусматривать регулируемую емкость перед зданием НС с уровнем воды, принимаемым ниже центра коллектора [8–10].

Если осушительные НС проектируются на польдерах (территории, обвалованной дамбами), то с целью снижения глубины каналов необходимо предусматривать не одну осушительную НС, желательно двойного действия для возможной подачи воды на орошение [8–10, 23].

При необходимости подачи воды на орошение осушительные НС оснащают системой закрытых переключающих трубопроводов с задвижками-регуляторами, которые позволяют изменять режим работы осушительной НС для работы на орошение и забор воды из водоприемника-водоисточника [10, 14, 23].

Здание осушительной НС можно располагать как в теле дамбы обвалования, так и перед ней. При напоре менее 5 м совмещают здание, водозаборное, водовыпускное и самотечное сооружения в одно сооружение, но в основном с отдельно стоящими сородерживающими сооружениями.

Отличительной особенностью НС сельскохозяйственного водоснабжения (НССВ) является их круглогодичная работа, что говорит о необходимости проектирования их водоприемников с возможной зимней эксплуата-

цией (проход шуги, ледохода), зданий – утепленными и с отапливаемыми помещениями. К таким НС предъявляются повышенные требования, такие как: надежность оборудования дополнительных насосов и их автоматизации, возможность подачи воды по требованию, удовлетворение требований санитарной гигиены. При этом в большинстве случаев НССВ имеют незначительную водоподачу в пределах $1 \text{ м}^3/\text{с}$, и поэтому проектируются в основном двух подъемов, но допускается проектирование с большим количеством подъемов [8–11].

В зависимости от водоисточника НССВ могут производить забор воды как из поверхностных, так и из подземных источников. Очистные сооружения при проектировании НССВ с забором из подземных водоисточников предусматривают в том случае, если необходима очистка воды. Различают такие НССВ по типу водозабора [7–13]:

- горизонтальные – при залегании водоносного слоя до 5 м и небольшой мощности его;
- вертикальные – при залегании водоносного слоя ниже 5 м;
- лучевые – при заборе большого объема грунтовых вод из одной скважины и оборудовании их вертикальными скважинными насосами различного типа.

Выводы. В результате исследований определен состав основных и вспомогательных сооружений МНС. Определены основные схемы типовых сооружений НС и их расположение, схемы сооружений оросительных НС, применяемых для орошения сточными водами или животноводческими стоками, условия выноса зданий НС в русло водоисточника при проектировании. Полученные результаты позволяют применить данные положения при разработке нормативных положений по нормам проектирования гидротехнических сооружений МНС, входящих в их состав.

Список источников

1. Мазанов Р. Р. Эффективное использование энергии на насосных станциях мелиоративного назначения // Экологические проблемы сельского хозяйства и науч-

но-практические пути их решения: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 165–169.

2. Методы уменьшения потребляемой энергии мелиоративными насосными станциями / Ю. С. Уржумова, Д. В. Николаенко, В. Б. Панов, С. А. Тарасьянц // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3(67). С. 566–574. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-64.

3. Михайлова С. В., Погребная И. А. Повышение производительности центробежных насосов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019. Т. 46, № 2. С. 20–27. <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2019-46-2-20-27>.

4. Рябцев Е. А. Методика критериальной оценки энергоэффективности магистральных насосов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Т. 11, № 3. С. 304–309. DOI: 10.28999/2541-9595-2021-11-3-304-309.

5. Ширяев В. Н., Уржумова Ю. С., Тарасьянц С. А. Методика расчета полной энергии во всасывающих и напорных трубопроводах основных агрегатов на мелиоративных насосных станциях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. № 1(11). С. 162–173. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1184> (дата обращения: 01.05.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-162-173.

6. Методы расчета геометрической высоты всасывания и отметки оси центробежных насосов на насосных станциях мелиорации и водоснабжения / А. С. Тарасьянц, В. Н. Ширяев, О. И. Рахмянская, С. А. Тарасьянц // Международный журнал передовых исследований в области компьютерных наук и инженерии: сб. науч. тр. по материалам междунар. конф. St. Louis, Missouri, USA, 2020. С. 32–41.

7. Корнюшенко С. И. Насосные станции // Строительная техника и технологии. 2014. № 1. С. 48–51.

8. Аникин Ю. В., Царев Н. С., Ушакова Л. И. Насосы и насосные станции: учеб. пособие / М-во образования и науки РФ. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. 138 с.

9. Али М. С., Бегляров Д. С., Гебаевский В. Ф. Насосы и насосные станции: учебник. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 329 с.

10. Насосы и насосные станции / В. Ф. Чебаевский [и др.]. М.: Агропромиздат, 1989. 416 с.

11. Карелин В. Я., Минаев А. В. Насосы и насосные станции: учеб. для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1986. 320 с.

12. Монахова Т. Н., Васьяковский Г. С. Насосные станции, работающие на закрытую сеть // Проектирование оросительных систем с широкозахватной дождевальной техникой: сб. науч. тр. / В/О Союзводпроект. 1979. С. 88–92.

13. Буркова Ю. Г., Соколов А. Л. Выбор оптимальных параметров крупной насосной станции мелиоративного и комплексного назначения в условиях неопределенности // Природообустройство. 2017. № 4. С. 62–67.

14. Особенности работы насосных станций на закрытых оросительных системах / Д. С. Бегляров, Ю. И. Сухарев, М. С. Али, Э. Е. Назаркин // Научная жизнь. 2021. Т. 16, № 5(117). С. 538–553. DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-5-538-553.

15. Воеводин О. В., Кириленко А. А. Методика оценки уровня мобильности мелиоративных насосных станций // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 2. С. 68–83. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1279> (дата обращения: 01.05.2023). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-68-83.

16. Чебаевский В. Ф., Вишневецкий К. П., Накладов Н. Н. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. М.: Колос, 2000. 376 с.

17. Воеводин О. В., Кириленко А. А. Блочно-модульный принцип построения в

контексте актуальности воспроизводства парка мелиоративных насосных станций // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 3(83). С. 35–40.

18. Larsson L. V., Lejonberg R., Ericson L. Optimization of a pump-controlled hydraulic system using digital displacement pumps // International Journal of Fluid Power. 2022. Vol. 23, iss. 1. P. 53–78. DOI: 10.13052/ijfp1439-9776.2313.

19. Тарасьянц А. С., Евтеев Д. О. Способы экономии электроэнергии на насосных станциях мелиоративного назначения // Мелиорация и водное хозяйство: материалы науч.-практ. конф. Новочеркасск: Лик, 2016. С. 100–106.

20. Сальва А. М. Реконструкция головной плавучей насосной станции на реке Лена // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2016. № 16. С. 22–25.

21. Пути снижения энергетических затрат на насосных станциях мелиоративного назначения / С. А. Тарасьянц, О. И. Рахнянская, А. С. Тарасьянц, Ю. В. Бандюков, Ю. С. Уржумова, Д. С. Ефимов, Р. Р. Мазанов // Проблемы развития АПК региона. 2016. Т. 26, № 2(26). С. 67–75.

22. Мазанов Р. Р. Повышение эффективности использования насосных станций мелиоративного назначения // Инновационные технологии в АПК: Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Махачкала, 2017. С. 50–53.

23. Бегляров Д. С., Сухарев Ю. И., Али М. С. Насосные станции в составе полдерных мелиоративных систем // Научная жизнь. 2021. Т. 17, № 4(124). С. 494–506. DOI: 10.35679/1991-9476-2022-17-4-494-506.

References

1. Mazanov R.R., 2017. *Effektivnoe ispol'zovanie energii na nasosnykh stantsiyakh meliorativnogo naznacheniya* [Efficient use of energy at pumping stations for reclamation]. *Ekologicheskie problemy sel'skogo khozyaystva i nauchno-prakticheskie puti ikh resheniya: sb. nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Ecological Problems of Agriculture and Scientific and Practical Ways of Their Solution: Proc. of International Scientific-Practical Conference], pp. 165-169. (In Russian).

2. Urzhumova Yu.S., Nikolaenko D.V., Panov V.B., Tarasyants S.A., 2022. *Metody umen'sheniya potreblyaemoy energii meliorativnymi nasosnymi stantsiyami* [Methods for reducing the energy consumption by reclamation pump stations]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 3(67), pp. 566-574, DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-64. (In Russian).

3. Mikhailova S.V., Pogrebnaya I.A., 2019. *Povyshenie proizvoditel'nosti tsentrobeznykh nasosov* [Increasing the centrifugal pump performance]. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Herald of Dagestan State Technical University. Technical Science], vol. 46, no. 2, pp. 20-27, <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2019-46-2-20-27>. (In Russian).

4. Ryabtsev E.A., 2021. *Metodika kriterial'noy otsenki energoeffektivnosti magistral'nykh nasosov* [Methodology for criteria-based assessment of energy efficiency of main pipeline pumps]. *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefi i nefteproduktov* [Science & Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation], vol. 11, no. 3, pp. 304-309, DOI: 10.28999/2541-9595-2021-11-3-304-309. (In Russian).

5. Shiryaev V.N., Urzhumova Yu.S., Tarasyants S.A., 2021. [Method of calculating the total energy in suction and pressure pipelines of the main units at reclamation pumping stations]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(11), pp. 162-173, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1184> [accessed 01.05.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-162-173. (In Russian).

6. Tarasyants A.S., Shiryaev V.N., Rakhnyanskaya O.I., Tarasyants S.A., 2020. *Metody rascheta geometricheskoj vysoty vsasyvaniya i otmetki osi tsentrobezhnykh nasosov na nasosnykh stantsiyakh melioratsii i vodosnabzheniya* [Methods for calculating the geometric height of the suction and the axis marks of centrifugal pumps at pumping stations for land reclamation and water supply]. *Mezhdunarodnyy zhurnal peredovykh issledovaniy v oblasti komp'yuternykh nauk i inzhenerii: sb. nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy konferentsii* [International Journal of Advanced Studies in Computer Engineering: Proc. of the International Conference]. St. Louis, Missouri, USA, pp. 32-41. (In Russian).
7. Korniyushenko S.I., 2014. *Nasosnye stantsii* [Pumping stations]. *Stroitel'naya tekhnika i tekhnologii* [Construction Equipment and Technologies], no. 1, pp. 48-51. (In Russian).
8. Anikin Yu.V., Tsarev N.S., Ushakova L.I., 2018. *Nasosy i nasosnye stantsii: ucheb. posobie* [Pumps and Pumping Stations: textbook]. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Ekaterinburg, Ural University Publ., 138 p. (In Russian).
9. Ali M.S., Beglyarov D.S., Gebaevsky V.F., 2015. *Nasosy i nasosnye stantsii: uchebnik* [Pumps and Pumping Stations: textbook]. Moscow, RGAU-MSHA Publ., 329 p. (In Russian).
10. Chebaevsky V.F. [et al.], 1989. *Nasosy i nasosnye stantsii* [Pumps and Pumping Stations]. Moscow, Agropromizdat Publ., 416 p. (In Russian).
11. Karelin V.Ya., Minaev A.V., 1986. *Nasosy i nasosnye stantsii: ucheb. dlya vuzov* [Pumps and Pumping Stations: textbook]. 2nd ed., rev. and add., Moscow, Stroyizdat Publ., 320 p. (In Russian).
12. Monakhova T.N., Vaskovskiy G.S., 1979. *Nasosnye stantsii, rabotayushchie na zakrytuyu set'* [Pumping stations operating for a closed network]. *Proektirovanie orositel'nykh sistem s shirokozakhvatnoy dozhdaval'noy tekhnikoy: sb. nauch. trudov* [Design of Irrigation Systems with Wide-Cut Sprinkling Equipment: coll. of scientific works]. V/O Soyuzvodproekt, pp. 88-92. (In Russian).
13. Burkova Yu.G., Sokolov A.L., 2017. *Vybor optimal'nykh parametrov krupnoy nasosnoy stantsii meliorativnogo i kompleksnogo naznacheniya v usloviyakh neopredelennosti* [Choice of optimal parameters of a large pumping station of a reclamation and complex purpose under the uncertainty conditions]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 4, pp. 62-67. (In Russian).
14. Beglyarov D.S., Sukharev Yu.I., Ali M.S., Nazarkin E.E., 2021. *Osobennosti raboty nasosnykh stantsiy na zakrytykh orositel'nykh sistemakh* [Features of operation of pumping stations on closed irrigation systems]. *Nauchnaya zhizn* [Scientific Life], vol. 16, no. 5(117), pp. 538-553, DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-5-538-553. (In Russian).
15. Voevodin O.V., Kirilenko A.A., 2022. [Methods for assessing the mobility level of reclamation pumping stations]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 2, pp. 68-83, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1279> [accessed 01.05.2023], DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-68-83. (In Russian).
16. Chebaevsky V.F., Vishnevsky K.P., Nakladov N.N., 2000. *Proektirovanie nasosnykh stantsiy i ispytanie nasosnykh ustanovok* [Design of Pump Stations and Testing of Pump Installations]. Moscow, Kolos Publ., 376 p. (In Russian).
17. Voevodin O.V., Kirilenko A.A., 2021. *Blochno-modul'nyy printsip postroeniya v kontekste aktual'nosti vosproizvodstva parka meliorativnykh nasosnykh stantsiy* [Modular-assembly principle of constructing reclamation pumping stations park in context of relevance of its reproduction]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways to Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(83), pp. 35-40. (In Russian).
18. Larsson L.V., Lejonberg R., Ericson L., 2022. Optimization of a pump-controlled hydraulic system using digital displacement pumps. *International Journal of Fluid Power*, vol. 23, iss. 1, pp. 53-78, DOI: 10.13052/ijfp1439-9776.2313.

19. Tarasyants A.S., Evteev D.O., 2016. *Sposoby ekonomii elektroenergii na nasosnykh stantsiyakh meliorativnogo naznacheniya* [Ways of saving electricity at pumping stations for reclamation purposes]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy nauch.-prakt. konferentsii* [Land Reclamation and Water Management: Proc. of Scientific-Practical Conference]. Novocherkassk, Lik Publ., pp. 100-106. (In Russian).

20. Salva A.M., 2016. *Rekonstruktsiya golovnoy plavuchey nasosnoy stantsii na reke Lena* [Reconstruction of the head floating pumping station on the Lena River]. *Sel'skokhozyaystvennyye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov* [Agricultural Sciences and Agro-Industrial Complex at the Turn of the Century], no. 16, pp. 22-25. (In Russian).

21. Tarasyants S.A., Rakhnyanskaya O.I., Tarasyants A.S., Bandyukov Yu.V., Urzhumova Yu.S., Efimov D.S., Mazanov R.R., 2016. *Puti snizheniya energeticheskikh zatrat na nasosnykh stantsiyakh meliorativnogo naznacheniya* [Ways to reduce energy costs at pumping stations for reclamation purposes]. *Problemy razvitiya APK regiona* [Development Problems of the Agro-Industrial Complex of the Region], vol. 26, no. 2(26), pp. 67-75. (In Russian).

22. Mazanov R.R., 2017. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya nasosnykh stantsiy meliorativnogo naznacheniya* [Improving the efficiency of using pumping stations for reclamation purposes]. *Innovatsionnyye tekhnologii v APK: Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem* [Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex: All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation]. Makhachkala, pp. 50-53. (In Russian).

23. Beglyarov D.S., Sukharev Yu.I., Ali M.S., 2021. *Nasosnyye stantsii v sostave pol'dernykh meliorativnykh sistem* [Pumping stations as part of polder reclamation systems]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], vol. 17, no. 4(124), pp. 494-506, DOI: 10.35679/1991-9476-2022-17-4-494-506. (In Russian).

Информация об авторах

А. Л. Кожанов – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук;

А. А. Кириленко – младший научный сотрудник.

Information about the authors

A. L. Kozhanov – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences;

A. A. Kirilenko – Junior Researcher.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.05.2023; одобрена после рецензирования 31.05.2023; принята к публикации 07.06.2023.

The article was submitted 25.05.2023; approved after reviewing 31.05.2023; accepted for publication 07.06.2023.