

Научная статья  
УДК 627.8.059.2

## РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ОСУШИТЕЛЬНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ № 21А В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Г. Пунтусов<sup>1,\*</sup>, И.В. Валл<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

\* E-mail: [vladimir.puntusov@klgtu.ru](mailto:vladimir.puntusov@klgtu.ru)

**Аннотация.** Приведена информация о польдерных системах Калининградской области и осушительной насосной станции № 21А. Разработаны количественные и качественные критерии безопасности насосной станции для 1-го и 2-го уровней. Состав и значения предельных показателей состояния и условий эксплуатации узла гидротехнических сооружений насосной станции приняты с учетом требований нормативных документов по проектированию, эксплуатации и опыта работы насосных станций.

**Ключевые слова:** критерии безопасности гидротехнических сооружений; польдерные системы; насосные станции; реконструкция; расчетная обеспеченность максимальных расходов воды.

**Для цитирования:** Пунтусов В.Г., Валл И.В. Разработка критериев безопасности осушительной насосной станции № 21А в Калининградской области // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2023. Т.9. №1. С. 56–62.

Original article

## DEVELOPMENT OF SAFETY CRITERIA FOR THE DRAINAGE PUMPING STATION № 21A IN KALININGRAD REGION

V.G. Puntusov<sup>1,\*</sup>, I.V. Vall<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

\* E-mail: [vladimir.puntusov@klgtu.ru](mailto:vladimir.puntusov@klgtu.ru)

**Abstract.** Information is provided about the polder systems of the Kaliningrad region and the drainage pumping station № 21A. Quantitative and qualitative safety criteria of the pumping station for the 1st and 2nd levels have been developed. The composition and values of the limit indicators of the condition and operating conditions of the hydraulic structures of the pumping station were adopted taking into account the requirements of regulatory documents on the design, operation and experience of pumping stations.

**Key words:** Criteria for the safety of hydraulic structures; polder systems; pumping stations; reconstruction; estimated security of maximum water consumption.

**For citation:** Puntusov V.G., Vall I.V. Development of safety criteria for the drainage pumping station № 21A in the Kaliningrad region. *Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2023. V.9. No. 1. pp. 56–62.

В Калининградской области имеется около 100 тысяч гектар польдерных мелиоративных систем, что составляет 70% польдеров в Российской Федерации. Поэтому

исследованию различных аспектов проектирования и эксплуатации польдерных систем Калининградской области посвящено большое количество опубликованных трудов [1-5]. Польдерные системы включают в себя гидротехнические сооружения (далее ГТС) не только для осушения территории, но и для их ограждения и машинного водоподъема. Однако публикаций, посвященных проблемам безопасности польдерных систем, совсем немного (см., например, [6, 7]).

Основной польдерный массив площадью 68 тыс. га расположен на территории Неманской низменности в Славском районе. От затопления со стороны Куршского залива, а также от рек и каналов здесь построены 440 км дамб, для откачки воды предусмотрено 56 осушительных насосных станций. Осушительная регулирующая сеть представляет собой открытые каналы и закрытый дренаж, которые впадают в открытые проводящие и магистральные каналы. Насосные станции находятся в устьях магистральных каналов. Напорные трубопроводы насосных станций отводят воду через дамбы. Все польдерные системы в Славском районе являются зимними, то есть обеспечивают круглогодичную защиту от затопления. Они защищают земли сельскохозяйственного назначения, гослесфонда, населенные пункты, объекты инфраструктуры.

Кроме Славского района польдеры находятся в Полесском, Зеленоградском, Гурьевском, Гвардейском, Багратионовском районах области. Они расположены вдоль Куршского и Калининградского заливов, реки Преголи и реки Прохладной. Летние польдеры, которые могут затопливаться при прохождении весенних паводков, составляют 6% площади от всех польдеров.

Строительство польдерных систем проводилось поэтапно с начала 16 века до начала 20 века. После Великой Отечественной войны проводилось восстановление этих систем, а с 70-х до начала 90-х годов прошлого века осуществлялась их реконструкция.

В 21 веке выполнялась реконструкция дамб, а также насосных станций, в ряде случаев с реконструкцией магистральных каналов.

На землях сельскохозяйственного назначения в дореформенный период реконструкция осушительных систем велась отдельными участками площадью до 0,5-0,6 тыс. га на территории бывших совхозов и колхозов. Это привело к тому, что расчетная обеспеченность максимальных расходов воды принималась 10% расчетной обеспеченности, что предусмотрено Сводом правил (СП 100.13330.2016. Мелиоративные системы и сооружения) при площади осушения до 2 тыс. га. При площади польдерных систем более 2 тыс. га производительность насосных станций определялась для 5% расчетной обеспеченности. Исключение составляли дамбы, реконструкция которых проводилась на основе требований Свода правил (СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения). При этом рассматривались основной и поверочный расчетные случаи для нахождения отметок гребня с учетом класса капитальности (ответственности) дамб.

В современных условиях, характеризующихся ростом интенсификации сельскохозяйственного производства, целесообразна интенсификация мелиоративных систем. Она заключается в реконструкции осушительной сети и гидротехнических сооружений с использованием СП 58.13330.2012, предусматривающего основной и поверочный расчетные случаи для определения максимальных расходов воды. Это позволит исключить затопление и подтопление земель при паводках достаточно частой повторяемостью 1 раз в 10-20 лет.

Для проектирования реконструкции осушительных насосных станций 4 класса (низкой опасности) необходимо назначение параметров для максимальных расходов и уровней воды 1% расчетной обеспеченности (повторяемостью 1 раз в 100 лет) по требованиям СП 58.13330.2012 при поверочном расчетном случае. Это вариант возможен при отсутствии нарушений жизнедеятельности и потерпевшего населения в результате аварий согласно СП 58.13330.2012. В противном случае класс опасности насосной станции должен повышаться.

С учетом того, что мелиоративные системы, в том числе польдерные, являются комплексными, защищающими от переувлажнения и затопления земли сельхозназначения, населенных пунктов, гослесфонда, а также других категорий, указанный выше подход является обоснованным из-за предотвращения огромных ущербов.

Осушительная насосная станция №21А расположена в 1 км от пос. Тимирязево в МО «Славский муниципальный округ». Водосборная площадь этой насосной станции составляет 1075 га. Строительство этой насосной станции было завершено в 1983 году. Ранее откачка воды с польдера проводилась насосной станцией №21 довоенной постройки, которая списана после ввода в эксплуатацию насосной станции №21А.

На насосной станции №21А были установлены 2 осевых вертикальных насоса ОВ5-47К производительностью по 0,7 м<sup>3</sup>/с каждый производства завода «Уралгидромаш» с напором 4 м и 2 электродвигателя АВН-55 мощностью по 55 кВт каждый. В 2021 году проведена реконструкция этой насосной станции с установкой 2 насосов PL 7061/605, производительностью по 0,77 м<sup>3</sup>/с каждый, производства шведской компании Flygt, с напором 3,2 м и мощностью 45 кВт.

В состав узла гидротехнических сооружений насосной станции входят: аванкамера, являющаяся расширенной частью магистрального канала, с водоприемным сооружением, напорные трубопроводы и водовыпускное сооружение. Здание насосной станции имеет надземную и подземную части.

По существующей классификации территория польдера насосной станции №21А, в основном, относится к польдерам среднего уровня, характеризующихся абсолютными отметками поверхности земли от 1 до 3 м в Балтийской системе высот (БС). Прилегающая территория польдера к насосной станции имеет отметки 0,4 – 1,0 м БС и относится к польдерам низкого уровня.

Насосные станции должны иметь декларации безопасности в соответствии с законодательством (Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» №117-ФЗ от 21.07.1997). Согласно указанного закона, декларация безопасности ГТС – это документ, в котором обосновывается безопасность ГТС и определяются меры по обеспечению безопасности ГТС с учетом его класса.

При декларировании безопасности ГТС должны разрабатываться критерии их безопасности. Под критериями безопасности ГТС понимаются предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения.

Согласно требованиям ГОСТа (ГОСТ Р 59873-2021. Гидроэлектростанции. Методика определения критериев безопасности для декларируемых гидротехнических сооружений) количественные и качественные критерии безопасности ГТС должны устанавливаться для 1-го уровня, который является предупреждающим и соответствует условиям нормальной эксплуатации и для 2-го уровня, который является предельным, при превышении которого состояние ГТС становится неработоспособным.

При обосновании количественных критериев безопасности величина напора принята как сумма геодезического напора (разность уровней в водоприемнике р. Немонинка и аванкамере насосной станции №21А), местных потерь напора и потерь напора по длине напорного трубопровода (СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения)] 3,0 м и 3,2 м для 1 и 2 уровней безопасности. Максимальная скорость снижения уровня воды в аванкамере 0,7 м/час назначена с учетом коэффициента заложения откосов устья канала М-21 и грунта, в котором проходит канал. На основании [8] и опыта эксплуатации, допустимая величина перепадов уровней воды на сороудерживающей решетке принята 0,1 м.

Срок наработки насосно-силового оборудования на отказ, полученный из опыта эксплуатации, обоснован с целью обеспечения эксплуатационной надежности.

Коэффициент заложения откосов подводящего магистрального канала принят 2,0 для 1-го уровня безопасности и менее 2,0 для второго уровня безопасности согласно Свода правил (СП 100.13330.2016. Мелиоративные системы и сооружения). Величина слоя заиления 0,1 м и 0,3 м обоснована в соответствии с требованиями Свода правил (СП 81.13330.2012. Мелиоративные системы и сооружения).

Коэффициент устойчивости откосов подводящего канала принят 1,1 для 1-го уровня безопасности и 0,94 при коэффициенте сочетания нагрузок, равном 0,9 и коэффициенте условий работы, равном 0,95 с учетом требований Свода правил (СП 39.13330,2012 Плотины из грунтовых материалов).

Количественные критерии безопасности насосной станции № 21А представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Количественные критерии безопасности осушительной насосной станции №21А

№ п/п	Наименование показателя	Предельные значения	
		Для 1-го уровня безопасности	Для 2-го уровня безопасности.
1	Расчётный расход воды, м <sup>3</sup> /с	1,9	2,6
2	Величина напора, м	3,0	3,2
3	Скорость снижения уровня воды в аванкамере, м/ч	До 0,7	Более 0,7
4	Величина перепада уровней воды на сороудерживающей решетке, м	До 0,1	Более 0,1
5	Срок наработки насосно-силового оборудования на отказ, час	3000	Менее 3000
6	Коэффициент заложения откосов подводящего канала	2,0	Менее 2,0
7	Величина слоя заиления подводящего канала и аванкамеры, м	0,1	0,3
8	Коэффициент устойчивости откосов подводящего канала	1,1	0,94

Качественные критерии безопасности насосной станции № 21А разработанные для декларации безопасности представлены в табл. 2

Таблица 2. – Качественные критерии безопасности осушительной насосной станции №21А.

№ п/п	Наименование показателя	Содержание показателя	
		Для 1-го уровня безопасности	Для 2-го уровня безопасности
1	2	3	4
1	Повреждение ГТС узла насосной станции	Незначительные повреждения, не влияющие на безопасность	Угроза безопасности в результате существенных повреждений
2	Контактная фильтрация воды вдоль напорных трубопроводов	Отсутствие контактной фильтрации	Угроза появления контактной фильтрации из-за повреждения диафрагм труб
3	Устойчивость откосов подводящего магистрального канала	Отсутствие оползания (обрушения)	Угроза оползания (обрушения) при снижении устойчивости

4	Заращение магистрального канала кустарниковой, травянистой, водоболотной растительностью	Отсутствие зарастания	Угроза снижения водопропускной способности канала при зарастании
5	Наличие водоболотной растительности у сороудерживающих решеток	Незначительное наличие	Угроза увеличения перепада воды на решетке и давлению на неё.
6	Работа насосно-силового оборудования	Бесперебойная	Угроза отказов в работе
7	Контрольно-измерительная аппаратура	Работоспособное состояние	Угроза оценки состояния насосной станции
8	Ущерб окружающей среде	Отсутствие ущерба	Угроза ущерба из-за ухудшения технического состояния насосной станции
9	Резерв оборудования и материалов	Имеется в полном объеме	Угроза безопасности из-за недостаточного или отсутствия резерва
10	Целостность напорных трубопроводов	Целостность трубопроводов	Нарушение целостности с появлением воды на поверхности земли
11	Работоспособность грузоподъемного оборудования	Работоспособное	Неработоспособное

При проектировании реконструкции насосной станции №21А ее производительность была принята с учетом требований свода правил (СП 100.13330.2016. Мелиоративные системы и сооружения) для 10% расчетной обеспеченности максимального расхода воды магистрального подводящего канала М-21, равного 1,55 м<sup>3</sup>/с, что допускает возможность затопления полей 1 раз в 10 лет.

В условиях интенсивного сельскохозяйственного использования, характерного для данного полей, затопление приведет к большим потерям или гибели урожая сельскохозяйственных культур, а также к большому экологическому ущербу. Следовательно, целесообразным является предложенный подход по обоснованию критериев безопасности осушительных насосных станций с использованием 1-го и 2-го уровней безопасности и выбором производительности насосной станции для паводков редкой повторяемостью 1 раз в 100 лет. Это подтверждается стратегической важностью продовольствия в современных условиях, для чего требуется получение постоянных гарантированно высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Кроме того, увеличение расходов воды для насосных станций будет играть очень важную роль при локализации и ликвидации аварий водозащитных дамб, так как от времени откачки воды при затоплении территорий будет зависеть величина возможного нанесения ущерба населению и экономике.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Примаков Л.В. Математическое моделирование осушения простейшего полей // Вода: химия и экология. 2009. № 8. С. 2-6.
2. Наумов В.А., Ковалев В.П., Пунтусов В.Г. Применение математического моделирования для совершенствования проектных расчетов полейных систем // Известия КГТУ. 2013. № 31. С. 171-176.

3. Спирин Ю.А., Пунтусов В.Г. Особенности формирования уровня грунтовых вод на польдере насосной станции № 20А в Славском районе Калининградской области // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 2. С. 27-30.
4. Спирин Ю.А., Пунтусов В.Г. Анализ энергоэффективности польдерных насосных станций в Славском районе Калининградской области // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 2. С. 15-19.
5. Кащенко Н.М., Пунтусов В.Г., Ковалев В.П. Расчет параметров реконструируемых польдерных систем сельскохозяйственного назначения // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 4. С. 26-29.
6. Пунтусов В.Г. Декларирование безопасности водозащитных дамб в Калининградской области // Водопользование и задачи гидромеханики: сборник научных трудов. Калининград: Изд-во КГТУ, 2015. С. 74-80.
7. Пунтусов В.Г. Исходные данные для проектирования локальной системы оповещения при угрозе аварий дамб канала имени Матросова // Материалы VI Международного Балтийского морского форума (Калининград, 3-6 сентября 2018 г.). Т. 1. Калининград: Изд-во БГА, 2018. С. 395-399.
8. Эксплуатация польдерных систем. Под общей редакцией Ю. А. Юшкаускаса. Москва: Колос, 1991. 176 с.

#### REFERENCES

1. Velikanov N.L., Naumov V.A., Primak L.V. *Matematicheskoe modelirovanie osusheniya prostejshogo pol'dera* [Mathematical modeling of drainage of the simplest polder]. *Voda: himiya i ekologiya*. 2009. No. 8, pp. 2-6.
2. Naumov V.A., Kovalev V.P., Puntusov V.G. *Primenenie matematicheskogo modelirovaniya dlya sovershenstvovaniya proektnyh raschetov pol'dernyh sistem* [Application of mathematical modeling to improve design calculations of polder systems]. *Izvestiya KGTU*. 2013. No. 31, pp. 171-176.
3. Spirin Yu.A., Puntusov V.G. *Osobennosti formirovaniya urovnya gruntovykh vod na pol'dere nasosnoj stancii № 20A v Slavskom rajone Kaliningradskoj oblasti* [Features of the formation of the groundwater level on the polder of pumping station No. 20A in the Slavsky district of the Kaliningrad region]. *Melioraciya i vodnoe hozyajstvo*. 2018. No. 2, pp. 27-30.
4. Spirin Yu.A., Puntusov V.G. *Analiz energoeffektivnosti pol'dernyh nasosnykh stancij v Slavskom rajone Kaliningradskoj oblasti* [Analysis of the energy efficiency of polder pumping stations in the Slavsky district of the Kaliningrad region]. *Melioraciya i vodnoe hozyajstvo*. 2020. No. 2, pp. 15-19.
5. Kashchenko N.M., Puntusov V.G., Kovalev V.P. *Raschet parametrov rekonstruiruemyykh pol'dernyh sistem sel'skohozyajstvennogo naznacheniya* [Calculation of parameters of reconstructed polder systems for agricultural purposes]. *Melioraciya i vodnoe hozyajstvo*. 2021. No. 4, pp. 26-29.
6. Puntusov V.G. *Deklarirovanie bezopasnosti vodozashchitnykh damb v Kaliningradskoj oblasti* [Declaring the safety of water-proof dams in the Kaliningrad region]. *Vodopol'zovanie i zadachi gidromekhaniki: sbornik nauchnykh trudov*. Kaliningrad: KGTU Publ., 2015, pp. 74-80.
7. Puntusov V.G. *Iskhodnye dannye dlya projektirovaniya lokal'noj sistemy opoveshcheniya pri ugroze avarij damb kanala imeni Matrosova* [Initial data for the design of a local warning system in case of a threat of accidents of the dams of the Matrosova Canal]. *Materialy VI Mezhdunarodnogo Baltijskogo morskogo foruma (Kaliningrad, 3-6 sentyabrya 2018)*. V. 1. Kaliningrad: BGA Publ., 2018, pp. 395-399.
8. *Ekspluatatsiya pol'dernyh sistem* [Operation of polder systems]. Edit. Yu. A. Yushkauskas. Moscow: Kolos Publ., 1991. 176 p.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Пунтусов Владимир Григорьевич* – кандидат технических наук, доцент, Калининградский государственный технический университет (236000, Россия, г. Калининград, Советский пр-т 1, e-mail: [vladimir.puntusov@klgtu.ru](mailto:vladimir.puntusov@klgtu.ru))

*Валл Илья Валерьевич* – студент, Калининградский государственный технический университет (236000, Россия, г. Калининград, Советский пр-т 1, e-mail: [wall\\_ilya@mail.ru](mailto:wall_ilya@mail.ru))

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Puntusov Vladimir Grigorievich* – Ph.D. (Eng), Assoc. Prof., Kaliningrad State Technical University (236000, Russia, Kaliningrad, Sovetsky ave. 1, e-mail: [vladimir.puntusov@klgtu.ru](mailto:vladimir.puntusov@klgtu.ru))

*Vall Ilya Valerievich* – Student, Kaliningrad State Technical University (236000, Russia, Kaliningrad, Sovetsky ave. 1, e-mail: [wall\\_ilya@mail.ru](mailto:wall_ilya@mail.ru))

Статья поступила в редакцию 02.03.2022; одобрена после рецензирования 15.03.2022, принята к публикации 23.03.2022.

The article was submitted 02.03.2022; approved after reviewing 15.03.2022; accepted for publication 23.03.2022.