

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Научная статья
УДК 626.823

Совершенствование учета воды водосливом с порогом треугольного несимметричного профиля на мелиоративном канале

Любовь Васильевна Юченко¹, Валерия Михайловна Филимонова²,
Оксана Николаевна Чернова³

^{1, 2, 3}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹oamsrosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8372-0852>

²Valeriya-shrodna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7461-2398>

³chernova.23@yandex.ru

Аннотация. Цель: показать пример гидравлического расчета гидрометрического сооружения (водослив с порогом треугольного несимметричного профиля, водослив Крампа) с возможностью оснащения его регистратором уровня автоматического действия. **Материалы и методы.** Известен косвенный метод «скорость – площадь» для определения расхода воды в открытом потоке с помощью гидрометрических сооружений. В расчетах используются функциональные зависимости измеряемого параметра от изменения расхода воды для гидрометрического сооружения – водослива с порогом треугольного профиля, полученные в результате известных экспериментальных исследований. **Результаты.** Для гидравлического расчета использованы данные прямоугольного сбросного канала: ширина $B = 4$ м, высота $h_{cmp} = 2$ м, максимальный расход $Q_{max} = 10$ куб. м/с и минимальный $Q_{min} = 4$ куб. м/с. Подобрана ширина водослива ($b = 3,2$ м). Используя рабочее уравнение расхода для водослива Крампа, определили максимальный ($h_{max} = 1,20$ м) и минимальный ($h_{min} = 0,65$ м) напоры на гребне порога, высоту порога ($P = 0,63$ м), проверили необходимые нормативные условия для свободного истечения воды через рассчитанный порог и условие выполнения числа Фруда. **Выводы.** В статье рассмотрен основной подход к оснащению пункта водоучета современным прибором измерения. Проведенный гидравлический расчет для водослива с порогом треугольного профиля определяет необходимые параметры ширины водослива и высоты гребня порога для канала прямоугольного сечения с известными параметрами (ширины и высоты), используемого для отвода сбросных вод. Рассчитанный диапазон уровней воды над гребнем порога водослива используется в выборе типа гидростатического датчика давления, составляя его техническую характеристику. Оснащение водослива с порогом треугольного несимметричного профиля современным прибором измерения, состоящим из погружного гидростатического датчика давления и блока дистанционного контроля, обеспечит получение оперативной и достоверной информации о сбрасываемых потоках воды на канале.

Ключевые слова: мелиоративная система, пункт водоучета, гидрометрическое сооружение, гидравлический расчет, регистратор уровня автоматического действия

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации» (г. Новочеркасск, 31 мая 2024 г.).

Для цитирования: Юченко Л. В., Филимонова В. М., Чернова О. Н. Совершенствование учета воды водосливом с порогом треугольного несимметричного профиля



CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION

Original article

Improving water metering with a triangular asymmetrical profile threshold weir on a reclamation canal

Lyubov V. Yuchenko¹, Valeria M. Filimonova², Oksana N. Chernova³

^{1, 2, 3}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹oamsrosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8372-0852>

²Valeriya-shrodna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7461-2398>

³chernova.23@yandex.ru

Abstract. Purpose: to show an example of hydraulic computation of a hydrometric structure (triangular asymmetric profile threshold weir, Crump weir) with the possibility of equipping it with an automatic level recorder. **Materials and methods.** The indirect “velocity – area” method for determining water flow in an open flow using hydrometric structures is known. The functional dependencies of the measured parameter on water flow changes for a hydrometric structure – a triangular asymmetric profile threshold weir, obtained as a result of well-known experimental studies are used in calculations. **Results.** For hydraulic calculations, data of a rectangular discharge canal: width $B = 4$ m, height $h_{cmp} = 2$ m, maximum flow $Q_{max} = 10$ cub. m/s and minimum flow $Q_{min} = 4$ cub. m/s were used. The weir width ($b = 3.2$ m) was selected. Using the working flow equation for the Crump weir, the maximum ($h_{max} = 1.20$ m) and minimum ($h_{min} = 0.65$ m) pressures on the threshold crest and the threshold height ($P = 0.63$ m) were determined, and the necessary regulatory conditions for free water discharge through the calculated threshold and the condition for fulfilling the Froude number were checked. **Conclusions.** The main approach to equipping a water metering station with a modern measuring device is discussed. The performed hydraulic computation for a triangular profile threshold weir determines the necessary parameters for the weir width and the threshold crest height for a rectangular canal with known parameters (width and height) used for waste water discharge. The calculated range of water levels above the weir threshold crest is used in choosing the type of hydrostatic pressure sensor, constituting its technical characteristics. Equipping a triangular asymmetrical profile threshold weir with a modern metering device, consisting of an immersed hydrostatic pressure sensor and a remote control unit, will provide prompt and reliable information on the discharged water flows in the canal.

Keywords: reclamation system, water metering station, hydrometric structure, hydraulic computation, automatic level recorder

Evaluation of the research results: the fundamental principles of the article were reported at the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation” (Novocherkassk, May 31, 2024).

For citation: Yuchenko L. V., Filimonova V. M., Chernova O. N. Improving water metering with a triangular asymmetrical profile threshold weir on a reclamation canal. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;93(2):116–128. (In Russ.).

Введение. В настоящее время на оросительных и обводнительных системах и промышленных предприятиях широко используются гидрометрические сооружения как технические средства измерений потребляемых объемов воды. К основным гидрометрическим сооружениям относят пороги, водосливы, гидрометрические лотки, подпорно-регулирующие сооружения, фиксированные русла каналов, быстротоки и перепады со свободным течением потока, специальные расходомерные устройства на каналах. К дополнительным – регуляторы, водовыпуски, вододелители и т. д. Все остальные сооружения относят к гидрометрическому оборудованию – мостики, переправы, гидрометрические дистанционные установки, уровнемерные колодцы и др. [1]. Гидрометрические сооружения могут дополнительно оснащаться средствами измерений параметров водного потока, которые со временем могут совершенствоваться или отвечать целям службы эксплуатации мелиоративных систем. Несмотря на многообразие влияющих факторов, гидрометрические сооружения – достаточно надежные средства измерений, имеющие устойчивые высокие метрологические характеристики, и их используют на мелиоративных системах в зависимости от:

- конструкции и требований к эксплуатации;
- гидравлических характеристик и уравнения расхода;
- диапазона возможных измерений расходов воды.

Многолетний опыт использования гидрометрических сооружений на водных объектах показал их экономическую целесообразность в диапазоне измерений от 0,005 до 50,0 м³/с, что соответствует практическому диапазону расходов воды на каналах мелиоративных систем. В ранее опубликованных работах [2–5] предлагалось усовершенствовать учет воды на мелиоративных системах при помощи гидрометрических сооружений, которые в комплекте с техническим оснащением обеспечивают автоматиче-

скую регистрацию положения уровня воды в открытом водном потоке, что значительно повышает качество контроля технологического процесса.

Целью настоящей статьи является пример гидравлического расчета гидрометрического сооружения – водослива с порогом треугольного несимметричного профиля (водослив Крампа с $m_{p1} = 2,0$; $m_{p2} = 5,0$) с расходом до $10 \text{ м}^3/\text{с}$ и возможностью оснащения его регистратором уровня автоматического действия.

Материалы и методы. В практической гидрометрии для определения расхода воды в открытых потоках с помощью гидрометрических сооружений применяются в основном косвенные измерения методом «скорость – площадь». Данный метод позволяет определить расход только одним гидравлическим параметром, измеряемым в заданном месте.

Учеными в результате экспериментальных исследований были получены функциональные зависимости измеряемого параметра от изменения расхода воды для каждого типа гидрометрического сооружения [1, 6]. При проведении экспериментальных исследований водосливов, порогов, лотков измерялись два гидрометрических параметра: расходы и соответствующие им напоры в заданном измерительном сечении. Измерения других гидравлических параметров объяснялись сложностью их изучения из-за отсутствия методов и технических средств измерений, необходимостью уточнения специфических критериев моделирования гидрометрических сооружений, невозможностью воспроизведения широких диапазонов изменения основных параметров, примитивностью экспериментального оборудования.

Результаты и обсуждение. Для измерения объема воды при сбросе на открытом канале предлагается рассчитать водослив с порогом треугольного профиля (порог Крампа) с предлагаемым оснащением его современным прибором измерения, состоящим из погружного датчика дав-

ления (уровнемера) и блока дистанционного контроля. Прибор измерения устанавливается в успокоительном колодце и обеспечивает автоматическую регистрацию положения уровня воды в канале с передачей данных на диспетчерский пункт.

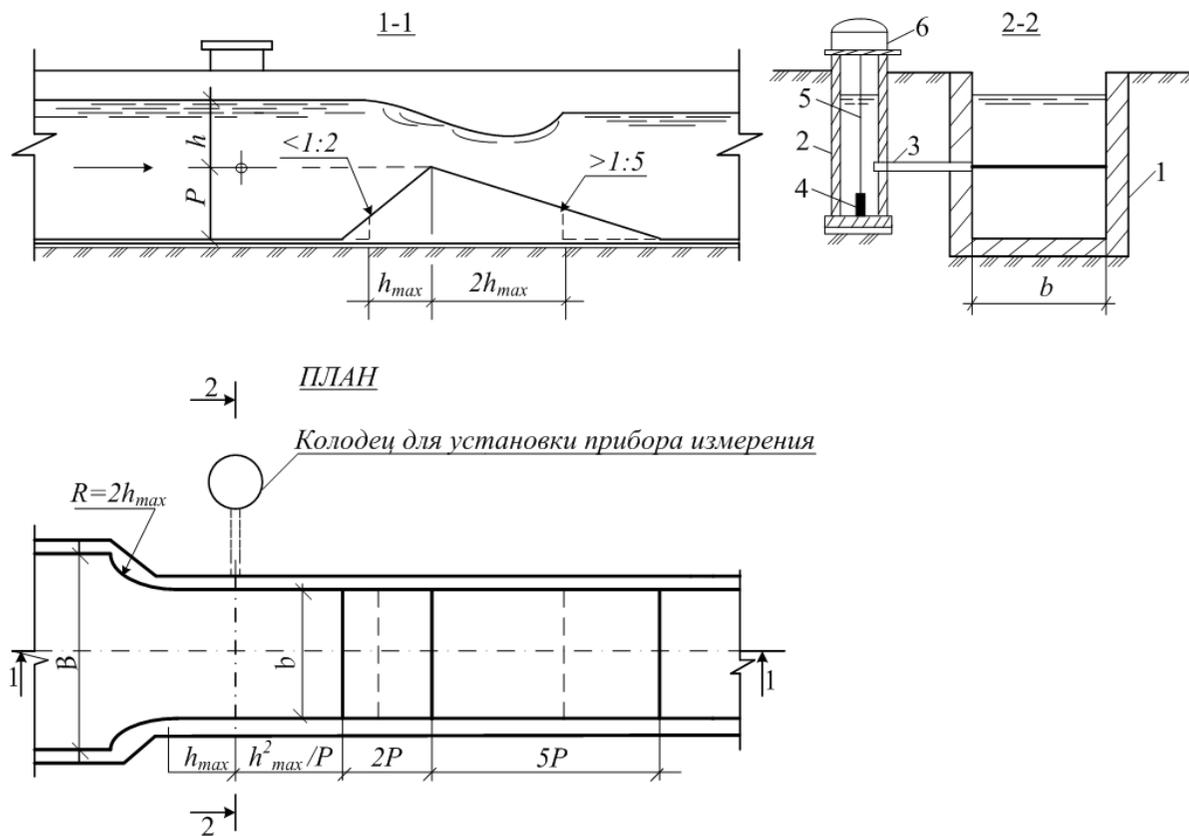
Водослив с порогом треугольного профиля должен работать в режиме неподтопленного истечения. Подобранные размеры водослива треугольного профиля с расходом (Q) до $10 \text{ м}^3/\text{с}$ (рисунок 1) должны отвечать следующим условиям [МИ 2406-97¹, 7]:

- минимальный напор воды перед порогом (h_{min}) $\geq 0,06 \text{ м}$;
- минимальная высота порога (P_{min}) $\geq 0,1 \text{ м}$;
- выполнение пропорциональных соотношений: $h/P \leq 3$ и $b/h \geq 2$ (где h – напор на гребне порога, м; P – высота порога, м; b – ширина водослива, м).

Рассмотрим пример расчета, когда водослив с треугольным порогом предстоит установить на прямолинейном участке облицованного канала (не менее $6B$, где B – ширина канала) с прямоугольным сечением. Известна ширина канала ($B = 4 \text{ м}$), ширина водослива ($b = 3,2 \text{ м}$), высота канала ($h_{cmp} = 2 \text{ м}$), максимальный расход ($Q_{max} = 10 \text{ м}^3/\text{с}$), минимальный расход ($Q_{min} = 4 \text{ м}^3/\text{с}$). При помощи гидравлического расчета проверяем все поставленные условия для водослива с порогом треугольного профиля шириной $3,2 \text{ м}$.

Схема водослива с порогом треугольного несимметричного профиля (водослив Крампа) показана на рисунке 1.

¹Государственная система обеспечения единства измерений. Расход жидкости в безнапорных каналах систем водоснабжения и канализации. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков: МИ 2406-97: утв. Всерос. науч.-исслед. ин-том расходомерии: введ. в действие с 15.05.97. М.: ВНИИР, 1997. 33 с.



h – напор на гребне порога, м; h_{max} – максимальный напор на гребне порога, м; P – высота порога, м; B – ширина канала, м;
 b – ширина водослива, м; R – радиус закругления (перехода канала в водослив), м; 1 – водослив с порогом треугольного несимметричного профиля; 2 – успокоительный колодец; 3 – соединяющий трубопровод; 4 – погружной датчик давления;
 5 – кабель датчика давления; 6 – блок дистанционного контроля

h – pressure at the threshold crest, m; h_{max} – maximum pressure at the threshold crest, m; P – threshold height, m; B – canal width, m;
 b – weir width, m; R – curvature radius (transition of the canal into the weir), m; 1 – triangular asymmetrical profile threshold weir;
 2 – stilling well; 3 – connecting pipeline; 4 – intrusive pressure sensor; 5 – pressure sensor cable; 6 – remote control unit

Рисунок 1 – Схема водослива с порогом треугольного несимметричного профиля (водослив Крампа)

Figure 1 – Scheme of a triangular asymmetrical profile threshold weir (Crump weir)

Рабочее уравнение расхода для водосливов с порогом треугольного профиля при измерении расхода в кубических метрах в секунду, согласно МИ 2406-97¹, типовому проекту [7], с заданными параметрами будет таким:

$$Q = 1,96C_v b h^{3/2}, \quad (1)$$

где C_v – коэффициент скорости, который является переменной величиной, изменяющейся от 1,00 до 1,21 (ГОСТ Р 51657.4-2002²);

b – ширина водослива, м;

h – напор на гребне порога, м.

Для определения значения h_{max} воспользуемся рабочей формулой расхода водослива (1), подставляя максимальное значение расхода Q_{max} :

$$\sqrt{h_{max}^3} = \frac{Q_{max}}{1,96C_v b},$$

$$\sqrt{h_{max}^3} = \frac{10}{1,96 \cdot 1,21 \cdot 3,2},$$

$$\sqrt{h_{max}^3} = 1,32,$$

$$h_{max} = 1,20 \text{ м.}$$

Проверяем условия по МИ 2406-97¹, типовому проекту [7], $b/h_{max} \geq 2$, получаем $3,2/1,2 = 2,67 > 2$.

Коэффициент скорости (C_v) является функцией выражения:

$$C_v = C_D \frac{h_{max}}{h_{max} + P}, \quad (2)$$

где $C_D = 1,163$ (при $h \geq 0,15$ м) (МИ 2406-97¹);

P – высота порога, м.

Определяем высоту порога P при $h = h_{max}$ с помощью уравнения (2).

²ГОСТ Р 51657.4-2002. Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Измерения расходов воды с использованием водосливов с треугольными порогами. Введ. 2003-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2003. 25 с.

Подставляем значения: $C_v = 0,76$ (МИ 2406-97¹); $C_D = 1,163$ (при $h \geq 0,15$ м);
 $h_{max} = 1,20$ м, получаем уравнение:

$$0,76 = 1,16 \left(\frac{1,20}{1,20 + P} \right),$$
$$P = 0,63 \text{ м.}$$

Проверяем выполнение условия (МИ 2406-97, п. 7.2.3) для водослива с порогом:

$$h_{max} + P \leq h_k + h_{дон},$$
$$1,20 + 0,63 < 2,0 + 0,2,$$
$$1,83 < 2,2,$$

где h_k – строительная высота канала, равная 2 м;

$h_{дон}$ – запас по высоте (при $Q > 1$ м³/с принимается 0,2 м).

Проверяем условие $h_{max} / P \leq 3$: 1,20 м / 0,63 м; 1,90 м < 3 м.

Проверяем выполнение условия для числа Фруда ($F_r \leq 0,6$). Формула для определения числа Фруда следующая:

$$F_r = \frac{Q_{max}}{B \sqrt{g(h_{max} + P)^{3/2}}},$$

где B – ширина канала, м;

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

$$F_r = \frac{Q_{max}}{B \sqrt{g(h_{max} + P)^{3/2}}} = \frac{10}{4 \sqrt{9,8(1,20 + 0,63)^{3/2}}} = 0,51 < 0,6.$$

Аналогично проверяем значения h_{min} с помощью рабочей формулы (1), используя минимальное значение расхода Q_{min} :

$$\sqrt{h_{min}^3} = \frac{Q_{min}}{1,96 C_v b},$$
$$\sqrt{h_{min}^3} = \frac{4}{1,96 \cdot 1,21 \cdot 3,2},$$

$$\sqrt{h_{min}^3} = 0,53,$$

$$h_{min} = 0,65 \text{ м.}$$

Проверяем выполнение условия $h_{min} = 0,65 > h_{min} = 0,06$ м (МИ 2406-97, п. 7.2.3).

Таким образом, по полученным в результате расчета данным, можно установить водослив с порогом треугольного профиля на прямолинейном участке облицованного канала (не менее $6B$, где B – ширина канала) с прямоугольным сечением. Если потери напора не лимитированы, то длину водослива можно уменьшить до $3h_{max}$ (h_{max} до вершины порога и $2h_{max}$ после, см. рисунок 1, 1–1). При этом верховая и низовая грани водослива сопрягаются с дном вертикальными уступами.

Для проведения измерений напора воды на гребне порога и получения оперативной и достоверной информации предлагается оснастить водослив современным прибором измерения, состоящим из погружного датчика давления и блока дистанционного контроля [8, 9], установленных в успокоительном колодце. Гидростатический датчик давления предназначен для измерения столба жидкости над ним и передачи сигнала в блок дистанционного контроля, который определяет уровень воды над гребнем водослива за заданный период и передает данные посредством GSM-связи на диспетчерский пункт для оперативного определения объема или расхода воды. Датчик монтируется непосредственно в воде на тросе или иной конструкции в колодце на уровне, принятом за начало отсчета (см. рисунок 1, 2–2). По определенному расчету диапазона уровней ($h_{max} - h_{min}$) подбирается тип гидростатического датчика давления и определяется его точка отсчета уровня воды в успокоительном колодце.

Датчик и измерительный преобразователь давления могут находиться в одном корпусе. Блок дистанционного контроля и мониторинга располагается на крышке колодца в специальном антивандальном кожухе. Блок

дистанционного контроля и мониторинга служит для приема, преобразования, передачи и хранения выходных сигналов. Он состоит из контроллера-модема, обеспечивающего выполнение заданного расчетного алгоритма, с функцией GSM-передатчика и передающей антенны. Для обеспечения невозможности какого-либо вмешательства извне прибор помещается в опломбированный недоступный кожух или корпус и не имеет каких-либо выводов или гнезд подключения, воздействие на которые может исказить показания прибора. Энергонезависимость прибора достигается системой автономного питания. Современный технический уровень средств измерения допускает длительное использование прибора с питанием от батарей или аккумуляторов [10, 11].

Выводы. В статье рассмотрен основной подход к оснащению пункта водоучета современным прибором измерения. Проведенный гидравлический расчет для водослива с порогом треугольного профиля определяет необходимые параметры ширины водослива и высоты гребня порога для канала прямоугольного сечения с известными параметрами (ширины и высоты), используемого для отвода сбросных вод. Рассчитанный диапазон уровней воды над гребнем порога водослива помогает в выборе типа гидростатического датчика давления, составляя его техническую характеристику. Оснащение водослива современным прибором измерения, состоящим из погружного датчика давления и блока дистанционного контроля, позволяет получать оперативную и достоверную информацию о сбрасываемых потоках воды.

Список источников

1. Филиппов Е. Г. Гидравлика гидрометрических сооружений для открытых каналов. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 288 с.
2. Щедрин В. Н., Колганов А. В., Чураев А. А. Подходы к определению технического уровня мелиоративных систем и обоснование поколений их развития // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2012. № 3(07). С. 28–51. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=581> (дата обращения: 15.05.2024). EDN: PCYQAR.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 116–128.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 116–128.

3. Филиппов Е. Г., Бракени А. Использование водосливов с порогом треугольного профиля для измерения расходов воды в открытых руслах и каналах // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: материалы Юбилейн. междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения), г. Москва, 10–11 апр. 2007 г. / ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова. М., 2007. Т. 2. С. 338–343. EDN: YLACGL.

4. Бочкарев В. Я., Бочкарев Я. В. Автоматизация водораспределения на каналах оросительных систем равнинной зоны методом непосредственного отбора расходов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2013. № 1. С. 32–41. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=622> (дата обращения: 25.04.2024). EDN: PVWYKR.

5. Васильченко А. П., Кореновский А. М. Телеметрия пунктов водоучета мелиоративной системы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 1(81). С. 12–16. EDN: СТJMQA.

6. Юрасов Р. Н. Использование гидрометрических сооружений в настоящее время // Актуальные проблемы современной науки. 2010. № 4(54). С. 168–171. EDN: MWNDTF.

7. Оснащение гидротехнических сооружений мелиоративных систем нормированными сужающими устройствами с коммерческими приборами водоучета типа РОС-1. Альбом 5. Технические решения по измерению расхода стандартными водосливами и лотками. Типовой проект 91399 / Южгипроводхоз, Росводстрой, Ростовводмелиорация. Ростов н/Д., 1991. 28 с.

8. Васильченко А. П., Шепелев А. Е., Кореновский А. М. К вопросу оснащения пунктов водоучета средствами телеметрии // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 140–153. URL: rosniipm-sm.ru/article?n=1143 (дата обращения: 15.05.2024). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-140-153. EDN: WBMMEQ.

9. Устройство автоматического контроля уровня воды для мелиоративных объектов / В. Л. Снежко, Д. М. Бенин, А. В. Подобный, Н. В. Гавриловская // Аграрная наука. 2023. № 1. С. 83–89. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-366-1-83-89. EDN: WCSOIV.

10. Чураев А. А., Юченко Л. В., Шепелев А. Е. Принципы подхода к расчету основных параметров трапецеидального водослива при оснащении его современным прибором измерения уровня // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2023. № 192(08). С. 158–168. URL: <http://ej.kubagro.ru/2023/08/pdf/13.pdf> (дата обращения: 24.04.2024). DOI: 10.21515/1990-4665-192-013. EDN: GHFUZP.

11. Пат. на полезную модель 221070 Российская Федерация, МПК G 01 F 23/18. Устройство для измерения расхода воды и передачи на расстояние / Чураев А. А., Шепелев А. Е., Юченко Л. В., Васильченко А. П., Кореновский А. М., Чернова О. Н.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2023109591; заявл. 06.05.21; опубл. 17.10.23. EDN: CGCNMH.

References

1. Filippov E.G., 1990. *Gidravlika gidrometricheskikh sooruzheniy dlya otkrytykh kanalov* [Hydraulics of Hydrometric Structures for Open Channels]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 288 p. (In Russian).

2. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Churaev A.A., 2012. [Approaches to determining the technical level of reclamation systems and justification of generations]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(07), pp. 28-51, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=581> [accessed 15.05.2024], EDN: PCYQAR. (In Russian).

3. Filippov E.G., Brakeni A., 2007. *Ispol'zovanie vodoslivov s porogom treugol'nogo*

profilya dlya izmereniya raskhodov vody v otkrytykh ruslakh i kanalakh [The use of weirs with a triangular threshold for measuring water flows in open channels and canals]. *Problemy ustoychivogo razvitiya melioratsii i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy Yubileynoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Kostyakovskie chteniya)* [Problems of Sustainable Development of Land Reclamation and Rational Environmental Management: Proc. of Jubilee International Scientific-Practical Conference (Kostyakov Readings)]. VNIIGiM by A. N. Kostyakov, Moscow, vol. 2, pp. 338-343, EDN: YLACGL. (In Russian).

4. Bochkarev V.Ya., Bochkarev Ya.V., 2013. [Water-distribution automation at the canals of plain irrigation systems by the method of direct discharge withdrawal]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1, pp. 32-41, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=622> [accessed 25.04.2024], EDN: PVWYKR. (In Russian).

5. Vasilchenko A.P., Korenovsky A.M., 2021. *Telemetriya punktov vodoucheta meliorativnoy sistemy* [Water metering station telemetry of the reclamation system]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(81), pp. 12-16, EDN: CTJMQA. (In Russian).

6. Yurasov R.N., 2010. *Ispol'zovanie gidrometricheskikh sooruzheniy v nastoyashchee vremya* [Use of hydrometric structures at the present time]. *Aktual'nye problemy sovremennoy nauki* [Current Problems of Modern Science], no. 4(54), pp. 168-171, EDN: MWNDTF. (In Russian).

7. *Osnashchenie gidrotekhnicheskikh sooruzheniy meliorativnykh sistem normirovannymi suzhayushchimi ustroystvami s kommercheskimi priborami vodoucheta tipa ROS-1. Al'bom 5. Tekhnicheskie resheniya po izmereniyu raskhoda standartnymi vodoslivami i lotkami* [Equipment of Hydraulic Structures of Reclamation Systems with Standardized Restricting Devices with Commercial ROS-1 Water Metering Devices. Album 5. Technical Solutions for Measuring Flow with Standard Drains and Flumes]. Standard Project 91399. Yuzhgiprovdokhoz, Rosvodstroy, Rostovvodmelioration, Rostov-on-Don, 1991, 28 p. (In Russian).

8. Vasilchenko A.P., Shepelev A.E., Korenovsky A.M., 2020. [On the issue of equipping water accounting points with telemetry]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(39), pp. 140-153, available: rosniipm-sm.ru/article?n=1143 [accessed 15.05.2024], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-140-153, EDN: WBMMEQ. (In Russian).

9. Snezhko V.L., Benin D.M., Podobny A.V., Gavrilovskaya N.V., 2023. *Ustroystvo avtomaticheskogo kontrolya urovnya vody dlya meliorativnykh ob"ektov* [Automatic water level monitoring device for open reclamation network]. *Agrarnaya nauka* [Agrarian Science], no. 1, pp. 83-89, DOI: 10.32634/0869-8155-2023-366-1-83-89, EDN: WCSOIV. (In Russian).

10. Churaev A.A., Yuchenko L.V., Shepelev A.E., 2023. [Principles of the approach to calculating the main parameters of a trapezoidal weir when equipped with a modern level measuring device]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU: politematicheskii setevoy elektronnyy zhurnal*, no. 192(08), pp. 158-168, available: <http://ej.kubagro.ru/2023/08/pdf/13.pdf> [accessed 24.04.2024], DOI: 10.21515/1990-4665-192-013, EDN: GHFUZP. (In Russian).

11. Churaev A.A., Shepelev A.E., Yuchenko L.V., Vasilchenko A.P., Korenovsky A.M., Chernova O.N., 2021. *Ustroystvo dlya izmereniya raskhoda vody i peredachi na rasstoyanie* [Device for Measuring Water Flow and Transmitting it over a Distance]. Patent RF, no. 221070, EDN: CGCNMH. (In Russian).

Информация об авторах

Л. В. Юченко – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, oamsrosniipm@yandex.ru, AuthorID: 632033, ORCID ID: 0000-0001-8372-0852;

В. М. Филимонова – младший научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, Valeriya-shrodna@mail.ru, AuthorID: 786534, ORCID ID: 0000-0002-7461-2398;

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 116–128.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 116–128.

О. Н. Чернова – инженер 1-й категории, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, chernova.23@yandex.ru.

Information about the authors

L. V. Yuchenko – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation, oamsrosniipm@yandex.ru, AuthorID: 632033, ORCID ID: 0000-0001-8372-0852;

V. M. Filimonova – Junior Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation, Valeriya-shrodna@mail.ru, AuthorID: 786534, ORCID ID: 0000-0002-7461-2398;

O. N. Chernova – Engineer of the 1st category, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation, chernova.23@yandex.ru.

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

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

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

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.05.2024; одобрена после рецензирования 04.06.2024; принята к публикации 02.08.2024.

The article was submitted 13.05.2024; approved after reviewing 04.06.2024; accepted for publication 02.08.2024.