

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАТИВНО- ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Научная статья

УДК 532.5

Применение гидродинамической модели для оценки гидравлических параметров каналов при проведении реконструкции (на примере участка Пролетарского канала)

Таисия Сергеевна Пономаренко¹, Вячеслав Дмитриевич Гостищев²

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

¹ponomarenko.taisya@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

²nb515@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0868-0712>

Аннотация. Цель: разработать и апробировать методику применения гидродинамической модели для оценки изменений гидравлических параметров канала в результате реконструкции, направленной на повышение его пропускной способности и эксплуатационной надежности. **Материалы и методы.** На участке Пролетарского канала протяженностью 11,4 км построена одномерная гидродинамическая модель с десятью поперечными сечениями. Сравниваются два сценария: с фактическими (до реконструкции) и проектными (после реконструкции) морфометрическими характеристиками. Граничные условия задаются динамикой расхода на начальном пикете и уровнем воды на конечном. Анализ включал в себя сопоставление продольных профилей и построение зависимостей «уровень – площадь живого сечения», «уровень – гидравлический радиус», «уровень – расход», а также графиков динамики уровней, скоростей, расходов и объемов воды в характерных сечениях (ПК 2635 и ПК 5135). **Результаты и обсуждение.** Реконструкция привела к увеличению площади живого сечения (на 33 % при уровне 25 м), росту гидравлического радиуса (на 80 % при уровне 23 м, на 32 % при уровне 26 м) и увеличению расхода (на 50 % при уровне 24 м, на 20 % при уровне 26 м). Уровень воды снизился на 0,1–0,2 м, скорость течения уменьшилась на 0,1–0,15 м/с, а объемы воды стали больше и стабильнее. Это свидетельствует о переходе к более эффективному, контролируемому и безопасному гидравлическому режиму без риска эрозии и затопления. **Выводы.** Реконструкция с формированием трапецевидного сечения значительно повысила гидравлическую эффективность канала. Разработанная методика на основе гидродинамического моделирования позволяет объективно оценить последствия реконструкции и может быть рекомендована для широкого применения при модернизации оросительных систем в засушливых регионах России.

Ключевые слова: реконструкция, оросительный канал, гидродинамическая модель, пропускная способность, гидравлический радиус, площадь живого сечения, уровень воды

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы мелиоративно-водохозяйственного комплекса и пути их решения» (г. Новочеркасск, 10 октября 2025 г.).

Для цитирования: Пономаренко Т. С., Гостищев В. Д. Применение гидродинамической модели для оценки гидравлических параметров каналов при проведении реконструкции (на примере участка Пролетарского канала) // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 97, № 3. С. 31–45.

MODERN PROBLEMS OF LAND RECLAMATION AND WATER INDUSTRIAL COMPLEX AND WAYS TO SOLVE THEM

Original article

Hydrodynamic model application for assessment of the canal hydraulic parameters during reconstruction (using the example of the Proletarsky Canal section)

Taisiya S. Ponomarenko¹, Vyacheslav D. Gostishchev²

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

¹ponomarenko.taisia@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

²nb515@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0868-0712>

Abstract. Purpose: to develop and test a methodology for applying a hydrodynamic model to assess changes in canal hydraulic parameters following reconstruction aimed at increasing its capacity and operational reliability. **Materials and methods.** A one-dimensional hydrodynamic model with ten cross-sections was constructed for an 11.4 km long picket of the Proletarsky Canal. Two scenarios are compared: with actual (before reconstruction) and design (after reconstruction) morphometric characteristics. The boundary conditions are determined by the flow rate dynamics at the initial picket and the water level at the final picket. The analysis included comparison of longitudinal profiles and construction of the “level – discharge area”, “level – hydraulic radius”, “level – flow rate” relationships, as well as flow charts of water levels, velocities, flows and volumes in characteristic sections (PK 2635 and PK 5135). **Results and discussion.** The reconstruction resulted in an increase in the discharge area (by 33 % at a level of 25 m), an increase in the hydraulic radius (by 80 % at a level of 23 m, by 32 % at a level of 26 m), and an increase in the discharge (by 50 % at a level of 24 m, by 20 % at a level of 26 m). The water level dropped by 0.1–0.2 m, the flow velocity decreased by 0.1–0.15 m/s, and water volumes became larger and more stable. This indicates a transition to a more efficient, controllable, and safe hydraulic regime without the risk of erosion and flooding. **Conclusions.** The reconstruction with the formation of a trapezoidal cross-section increased significantly the canal hydraulic efficiency. The developed methodology, based on hydrodynamic modeling, allows for an objective assessment of the consequences of reconstruction and can be recommended for widespread use in modernizing irrigation systems in arid regions of Russia.

Keywords: reconstruction, irrigation canal, hydrodynamic model, capacity, hydraulic radius, discharge area, water level

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “Modern problems of land reclamation and water industrial complex and ways to solve them” (Novocherkassk, October 10, 2025).

For citation: Ponomarenko T. S., Gostishchev V. D. Hydrodynamic model application for assessment of the canal hydraulic parameters during reconstruction (using the example of the Proletarsky Canal section). *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2025;97(3):31–45. (In Russ.).

Введение. Для южных засушливых регионов России орошение является одним из основных факторов стабильного получения урожаев. При этом современное техническое состояние оросительных систем, построенных преимущественно в 50–60-е годы прошедшего столетия, вызывает множе-

ство вопросов [1, 2]. Для поддержания в работоспособном состоянии каналов выполняется реконструкция участков систем путем профилирования русла преимущественно в трапецеидальное сечение [3, 4]. Для детальной оценки влияния таких решений на пропускную способность необходимо проводить оценку гидравлических параметров потока до и после реконструкции [5]. В данном исследовании приведен пример применения и возможностей гидродинамической модели для решения таких вопросов [6, 7].

Цель работы – разработать и опробовать на реальном объекте методику применения гидродинамической модели для оценки изменения гидравлических параметров участка канала при проведении реконструкции.

Материалы и методы. Для решения поставленной задачи разработана гидродинамическая модель участка Пролетарского канала общей протяженностью 11,4 км, состоящая из десяти поперечных сечений [7, 8] (рисунок 1).

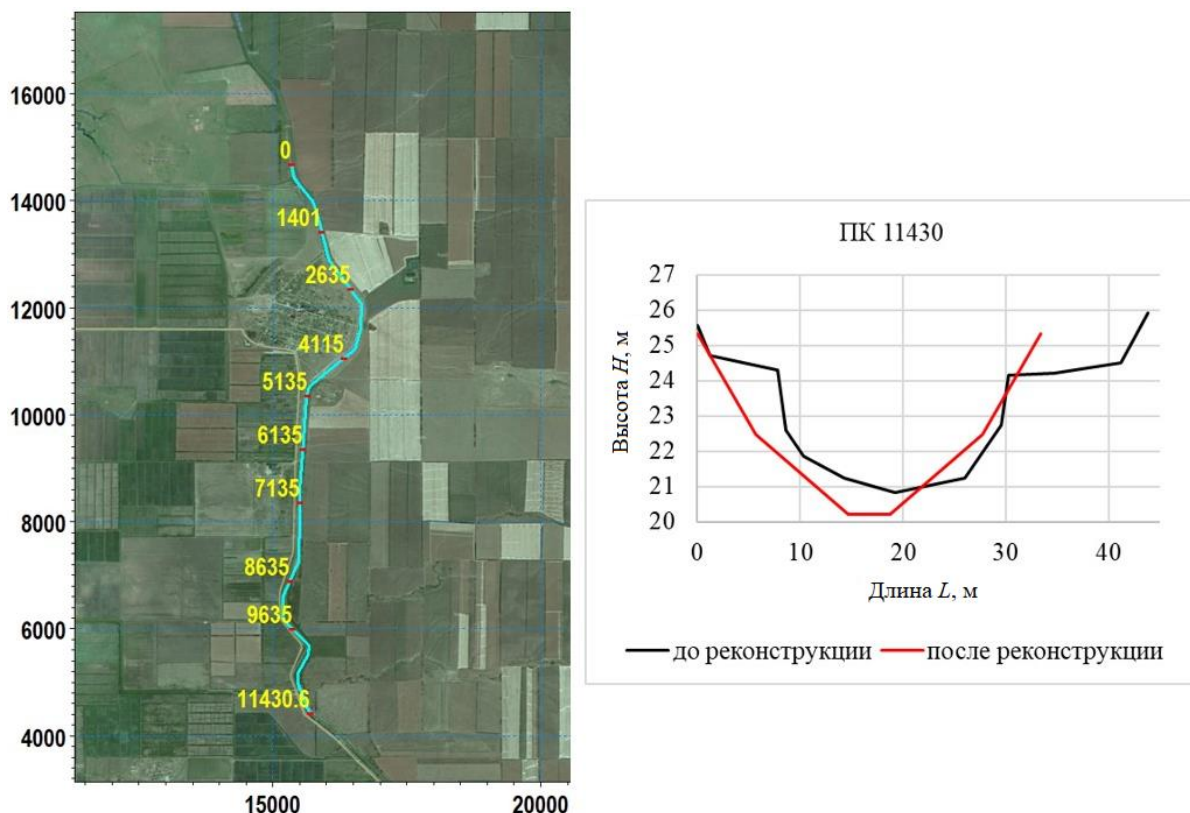


Рисунок 1 – Участок моделирования и конфигурация русла до и после реконструкции

Figure 1 – Modeling area and canal configuration before and after reconstruction

Рассмотрены два сценария – с фактическими поперечными профилями и проектными. Граничные условия модели заданы графиками динамики расходов воды в нулевом пикете и уровнем воды в конечном пикете.

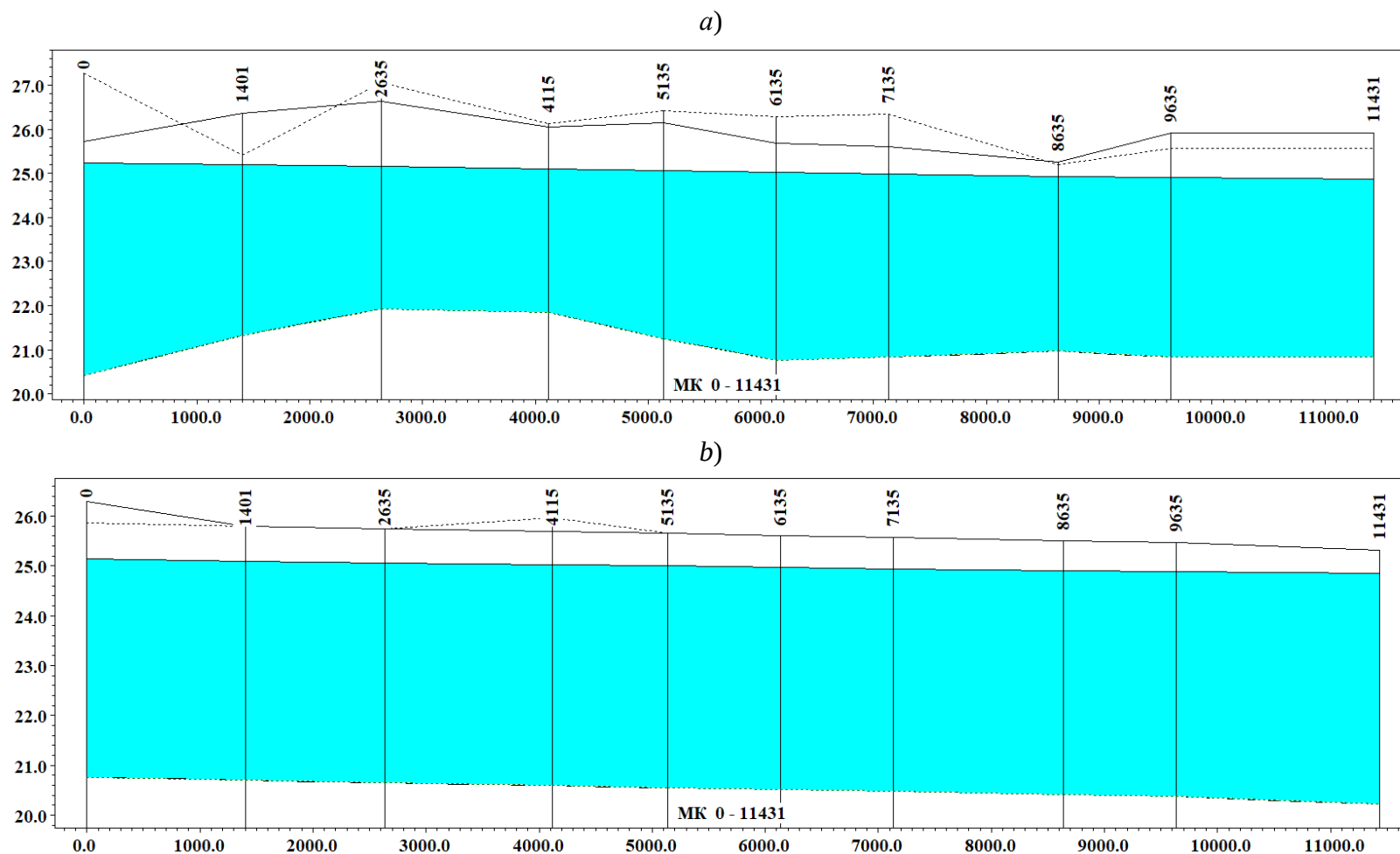
Гидродинамическая модель позволяет определять гидравлические характеристики потока для любого участка канала, используя заранее заданные морфометрические данные [9, 10]. Благодаря таким возможностям, предлагается подход, который включает в себя два этапа: оценку морфометрических параметров в продольном сечении и гидравлических параметров в поперечных сечениях.

Этап первый. Построение и сопоставление продольных профилей участка для детальной оценки изменений морфометрических параметров по всей протяженности до и после реконструкции. Также на данном этапе выделяются сечения, которые подверглись наибольшему изменению в ходе реконструкции.

Этап второй. В поперечных сечениях, которые подверглись наибольшему изменению в ходе реконструкции, построение следующих зависимостей:

- уровень воды – площадь живого сечения;
- уровень воды – гидравлический радиус;
- уровень воды – расход;
- графики динамики уровней воды;
- расходы воды;
- скорости течения;
- объемы воды.

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 представлен продольный профиль участка до и после реконструкции. Изменение параметров профиля наиболее заметно на участке от пикета 0 м до пикета 6135, перепад отметок составляет 1,30 м. Такое изменение формы дна увеличивает пропускную способность канала и улучшают гидравлические характеристики потока на данном участке.



a – до реконструкции; *b* – после реконструкции

a – before reconstruction; *b* – after reconstruction

Рисунок 2 – Сопоставление продольных профилей

Figure 2 – Comparison of longitudinal profiles

Для проведения второго этапа исследований выбрано два сечения на пикете 2635 и 5135. Ниже представлены результаты сопоставления данных, полученных в пикете 2635 (рисунок 3).

В пикете 2635 до реконструкции дно имело более пологий и широкий профиль с минимальной отметкой около 22 м в центре. После реконструкции дно стало глубже и уже: минимальная отметка опустилась до 20,5 м, а ширина по дну уменьшилась примерно с 18–20 до 14–16 м. Благодаря этому при одинаковом уровне воды канал стал иметь большую площадь живого сечения, что повышает его пропускную способность.

На графике «Уровень – площадь живого сечения» показано, как изменяется площадь поперечного сечения канала (м^2) в зависимости от уровня воды (м) до и после реконструкции. Обе кривые растут с увеличением уровня воды, что логично: чем выше уровень воды, тем больше площадь сечения. Однако после реконструкции при одинаковом уровне воды площадь сечения всегда больше. Это означает, что реконструкция увеличила пропускную способность канала: теперь при любом уровне воды он может пропустить больший объем воды. Особенно заметен эффект при уровне воды выше 23 м: разница в площадях становится существенной (например, при уровне воды 26 м разница составляет около 20–25 м^2).

После реконструкции при любом уровне воды гидравлический радиус значительно выше, чем до нее. Это означает, что канал стал гидравлически более эффективным: вода течет быстрее и с меньшими потерями на трение. Особенно заметен рост радиуса при уровнях выше 23 м: например, на уровне 26 м разница составляет около 1 м, что существенно увеличивает расход воды по формуле Маннинга.

При любом уровне воды расход воды (в $\text{м}^3/\text{с}$) после реконструкции выше. Особенно это заметно при уровнях выше 23 м: например, при уровне 26 м расход увеличился с 200 до 280 $\text{м}^3/\text{с}$. Это означает, что теперь канал может пропускать на 30–50 % больше воды при тех же условиях.

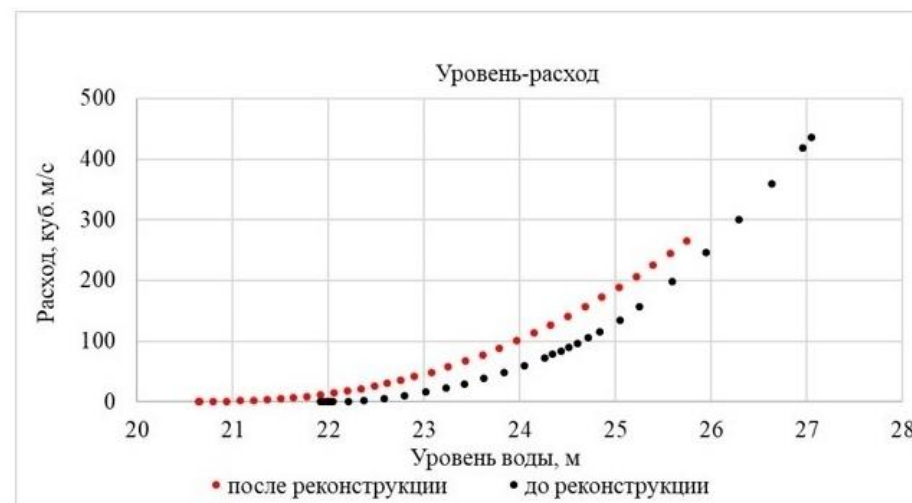
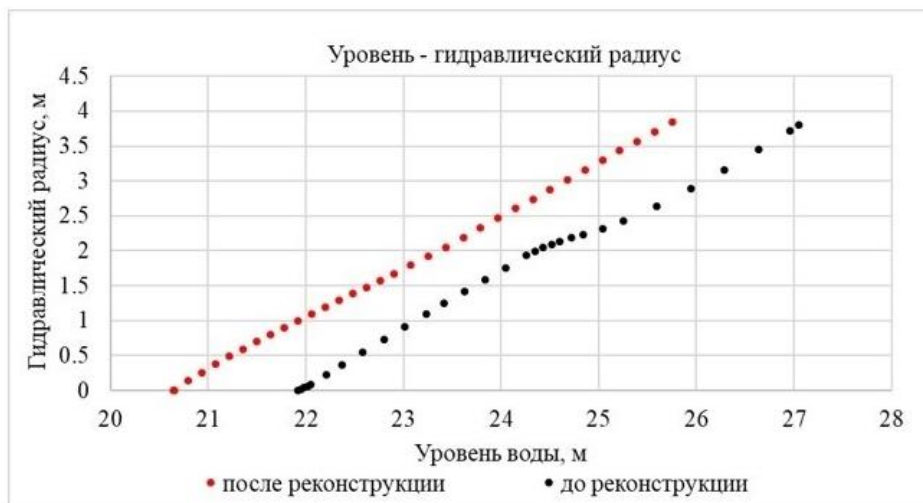
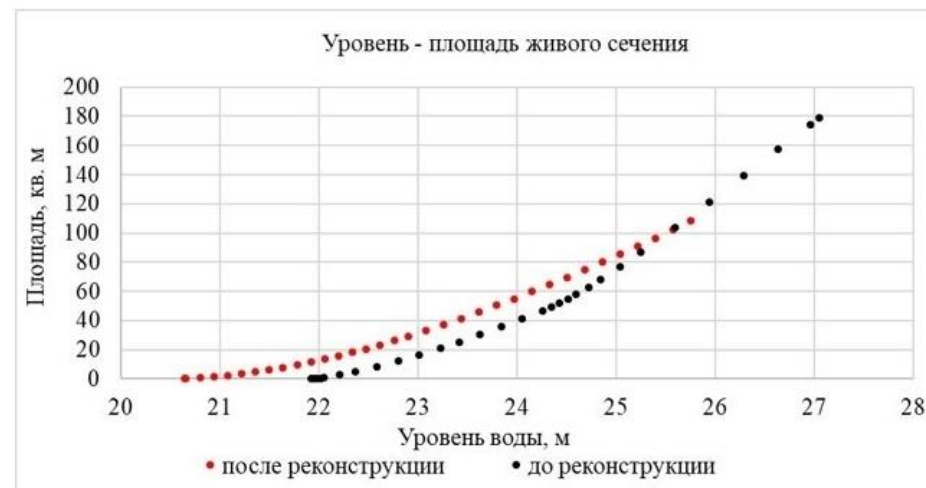
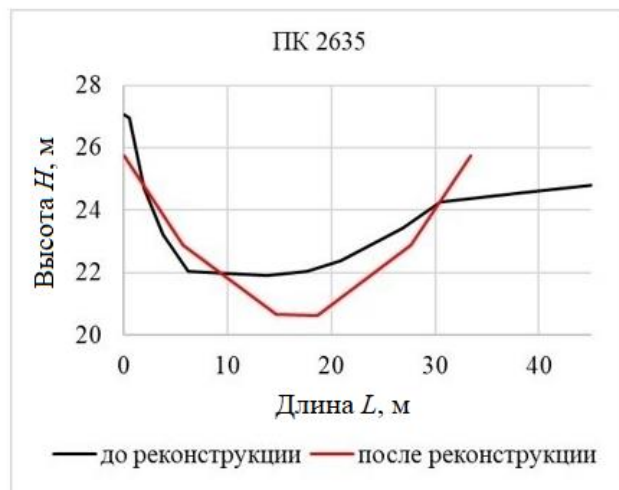


Рисунок 3 – Сопоставление расчетных гидравлических параметров в сечении на пикете 2635
Figure 3 – Comparison of calculated hydraulic parameters in the cross section at the 2635 picket

Ниже представлены результаты сопоставления данных, полученных в пикете 5135 (рисунок 4).

До реконструкции дно имело ступенчатую форму: резкий спуск до отметки 21,5 м в центре, затем горизонтальный участок шириной около 10 м, а потом подъем к берегам. После реконструкции дно стало глубже, ровнее и симметричнее: минимальная отметка опустилась до 20,5 м, ступеньки устранены, профиль стал более гладким и V-образным. Такая форма способствует более эффективному течению воды, снижает сопротивление, уменьшает риск застоя и отложения наносов, повышая общую пропускную способность канала [11].

Площадь живого сечения после реконструкции увеличилась: на уровне 25 м – с 60 до 80 м², что составляет рост на 33%, а на уровне 26 м – со 100 до 115 м², т. е. на 15 %.

После реконструкции гидравлический радиус канала увеличился на всех уровнях: на 23 м – с 1,0 до 1,8 м (+80 %), на 24 м – с 1,6 до 2,5 м (+56 %), на 25 м – с 2,2 до 3,2 м (+45 %), на 26 м – с 2,8 до 3,7 м (+32 %), что говорит о значительном повышении гидравлической эффективности канала, особенно в диапазоне средних уровней, где он используется чаще всего.

После реконструкции расход воды увеличился: на уровне 24 м – с 80 до 120 м³/с (+50 %), на уровне 25 м – с 150 до 200 м³/с (+33 %), на уровне 26 м – с 250 до 300 м³/с (+20 %), что свидетельствует о значительном повышении пропускной способности канала.

Реконструкция привела к снижению уровня воды на протяжении всего моделирования, при этом разница сохраняется даже в периоды пиков и спадов (рисунок 5).

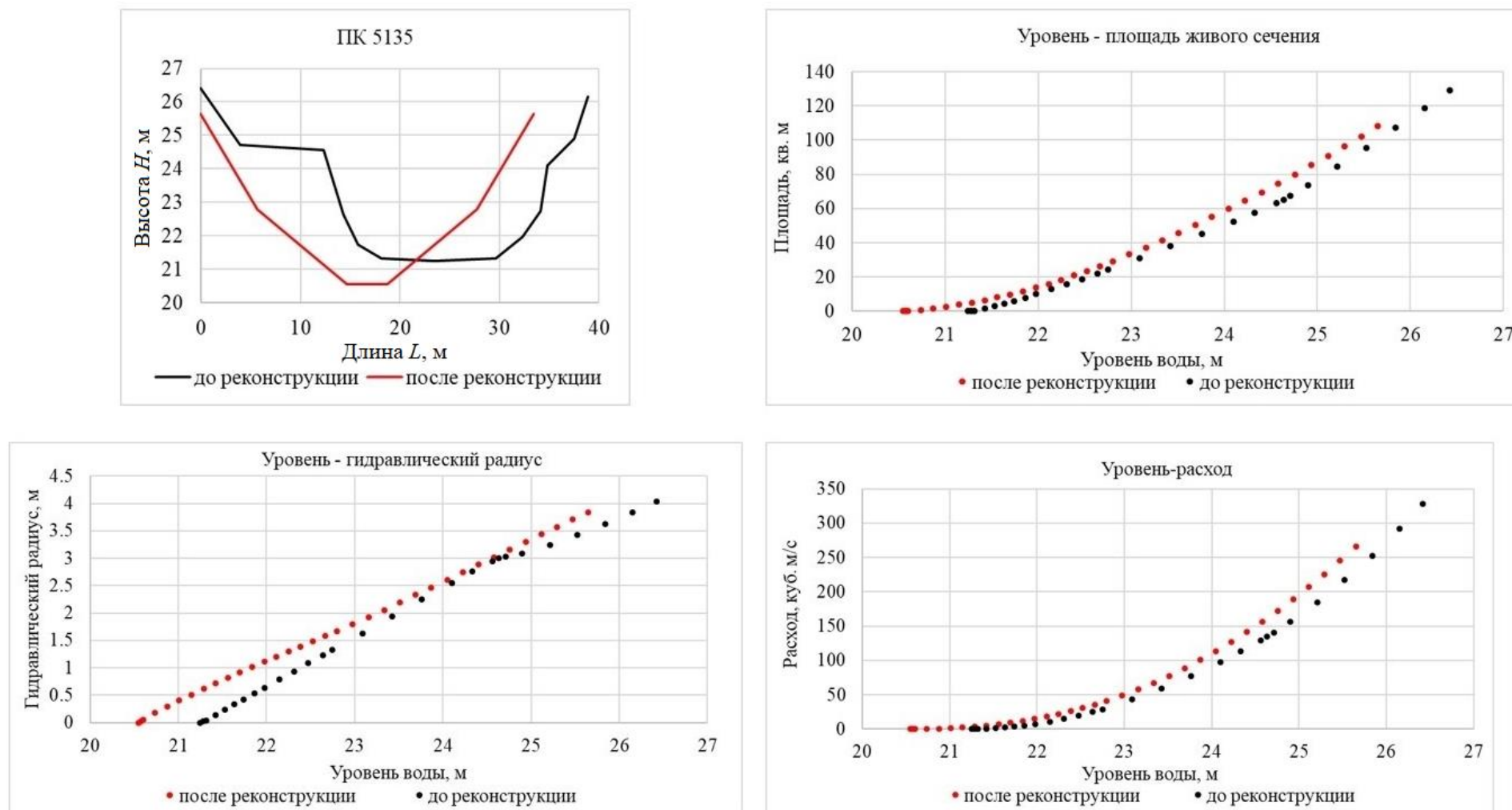
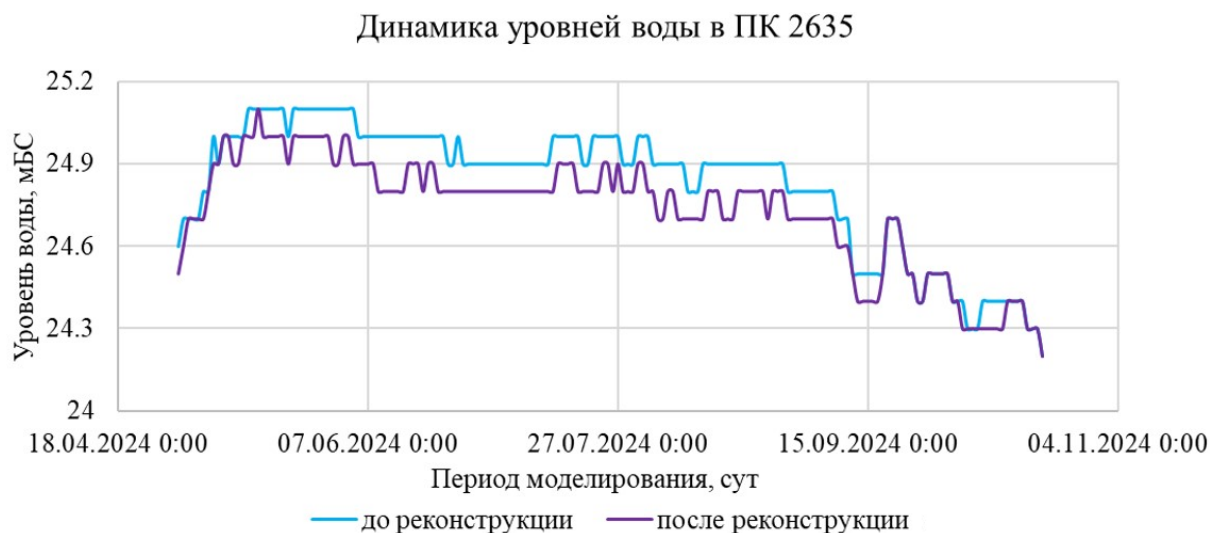


Рисунок 4 – Сопоставление расчетных гидравлических параметров в сечении на ПК 5135
Figure 4 – Comparison of calculated hydraulic parameters in the cross-section on PC 5135



**Рисунок 5 – Графики динамика уровней воды
до и после реконструкции**

**Figure 5 – Flow charts of the water level
before and after reconstruction**

Наиболее ярко это проявилось в июне-июле 2024 г: при одинаковых внешних условиях уровень воды до реконструкции поднимался выше, а после – оставался ниже, с разницей до 0,2 м. Это означает, что канал после реконструкции стал гидравлически эффективнее: он быстрее пропускает воду, не создавая напора. Также заметно, что колебания уровня стали менее резкими. В конце периода (с сентября по ноябрь) разница стала еще более очевидной: после реконструкции уровень воды снижался быстрее и стабильнее, что снижало риск затопления и позволил лучше контролировать водный режим.

Сопоставляя динамику скоростей течения в ПК 2635 до и после реконструкции, можно увидеть, что после реконструкции скорость течения стала ниже, чем до нее на протяжении всего моделирования (рисунок 6). Особенно заметно это в пиковые периоды (июнь-июль), когда разница достигает 0,1–0,15 м/с. Реконструкция увеличила площадь живого сечения и гидравлический радиус, что позволило каналу пропускать тот же или даже больший расход воды при меньшей скорости, т. е. без перегрузок и эрозии.

Более низкая скорость – признак устойчивого, контролируемого режима течения, снижающего риск размыва русла и повреждения берегов. Таким образом, снижение скорости – это не недостаток, а результат успешной оптимизации: канал стал эффективнее пропускать воду, сохраняя при этом безопасный и устойчивый режим течения.



Рисунок 6 – Графики динамика скорости течения до и после реконструкции

Figure 6 – Flow charts of the flow velocity before and after reconstruction

Сопоставляя динамику объемов воды, можно увидеть, что после реконструкции объем воды в канале стал стабильнее и больше на протяжении всего периода моделирования (рисунок 7). Особенно заметно это в пиковые периоды, например, в начале мая и июне достигается разница в 10–15 тыс. м³, что говорит о большей вместимости канала и его способности удерживать воду без перелива или подпора. В периоды спада (например, с сентября по ноябрь) объем после реконструкции также остается выше. Это означает, что канал не только лучше пропускает воду, но и эффективнее ее аккумулирует, снижая риск внезапного осушения и обеспечивая более равномерный водный режим.



**Рисунок 7 – Графики динамика объемов воды
до и после реконструкции**

**Figure 7 – Flow charts of water volume
before and after reconstruction**

Выводы

1 Реконструкция канала позволила значительно повысить его пропускную способность: при одинаковом уровне воды после реконструкции расход воды увеличился на 20–50 %, особенно заметно это при уровне выше 23 м.

2 Увеличение площади живого сечения и гидравлического радиуса – основные причины повышения эффективности: на уровне 25 м площадь увеличилась на 33 %, а гидравлический радиус – на 45 %, что напрямую повышает скорость и расход воды по формуле Маннинга.

3 После реконструкции уровень воды стал ниже и стабильнее: в пиковые периоды разница достигает 0,2 м, что снижает риск затопления и обеспечивает более контролируемый водный режим.

4 Скорость течения снизилась, но это не недостаток, а результат оптимизации: теперь канал пропускает больший расход воды при меньшей скорости, что снижает эрозию русла и риск повреждения берегов.

5 Объемы воды в канале увеличились и стали более стабильными. Это говорит о повышении аккумулирующей способности канала, что важно для балансировки водного режима.

6 Проведенная реконструкция не только восстановила работоспособность канала, но и значительно улучшила его эксплуатационные характеристики, сделав его более надежным, безопасным и эффективным для современных условий орошения.

7 Гидродинамическая модель доказала свою эффективность как инструмент для детальной оценки влияния реконструкции на гидравлические параметры. Она позволяет прогнозировать изменения до начала работ и выбирать оптимальные решения.

8 Разработанная двухэтапная методика (оценка морфометрии + анализ гидравлических параметров) применима для других участков оросительных систем и может быть использована при проектировании реконструкции с целью достижения максимальной гидравлической эффективности и экологической безопасности.

Список источников

1. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: Геликон, 2013. 283 с. EDN: TRAHID.
2. Шевченко В. А., Исаева С. Д., Дедова Э. Б. Новый этап развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса Российской Федерации // Вестник Российской академии наук. 2023. Т. 93, № 4. С. 355–361. DOI: 10.31857/S0869587323040114. EDN: SDJBQR.
3. Баев О. А., Косиченко М. Ю. Вопросы реконструкции крупных каналов и оценка их эффективности // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11, № 4. С. 287–301. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-287-301. EDN: QMDUPX.
4. Алдошкин А. А. Концепции необходимости разработки инновационных технологий строительства оросительных систем // Вестник мелиоративной науки. 2020. № 2. С. 58–65. EDN: QMFEVQ.
5. Гурин К. Г. Оценка гидравлической эффективности каналов // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), г. Новочеркасск, 25 сент. 2024 г. Новочеркасск: Лик, 2024. С. 189–194. EDN: EGCESH.
6. Особенности подготовки исходных данных для разработки компьютерных гидродинамических моделей / Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева, С. В. Ковалев, В. А. Сулина // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1(77). С. 14–18. EDN: RXCGMM.
7. Сенчуков Г. А., Пономаренко Т. С. Моделирование процессов водораспределения на Пролетарской оросительной системе // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 141–156. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156. EDN: SZKJAD.
8. Пономаренко Т. С. Цифровое компьютерное моделирование гидродинамических процессов в среде MIKE // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. Вып. 54. С. 97–104. EDN: SZONKZ.

9. Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Результаты сценарных исследований полифункциональной модели Пролетарского магистрального канала // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 3(67). С. 40–46. EDN: ZSQGPT.

10. Atashi V., Lim Ye. H., Mahmood T. H. Cold Region River Flood Mapping and Scour Potential Prediction: Insights from Hydraulic Model Using Advanced Autonomous Surface Vehicles // Environmental Processes. 2024. Vol. 11. no. 3. P. 46. DOI: 10.1007/s40710-024-00721-7. EDN: FWMWPR.

11. Латышенков А. М. Выбор наивыгоднейших размеров каналов трапецеидальной формы // Гидротехника и мелиорация. 1966. № 5. С. 5–12.

References

1. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya. V 2 ch. Ch. 1* [Irrigation Systems of Russia: from Generation to Generation: monograph. In 2 parts. Part 1]. Novocherkassk, Gelikon Publ., 283 p., EDN: TRAHID. (In Russian).

2. Shevchenko V.A., Isaeva S.D., Dedova E.B., 2023. *Novyy etap razvitiya meliorativno-vodokhozyaystvennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii* [A new stage in the development of the land reclamation and water management complex of the Russian Federation]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* [Herald of the Russian Academy of Sciences], vol. 93, no. 4, pp. 355-361, DOI: 10.31857/S0869587323040114, EDN: SDJBQR. (In Russian).

3. Baev O.A., Kosichenko M.Yu., 2021. *Voprosy rekonstruktsii krupnykh kanalov i otsenka ikh effektivnosti* [Large canals reconstruction and their efficiency assessment]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 11, no. 4, pp. 287-301, DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-287-301, EDN: QMDUPX. (In Russian).

4. Aldoshkin A.A., 2020. *Kontseptsii neobkhodimosti razrabotki innovatsionnykh tekhnologiy stroitel'stva orositel'nykh sistem* [Concepts of the need to develop innovative technologies for the irrigation system construction]. *Vestnik meliorativnoy nauki* [Herald of Land Reclamation Science], no. 2, pp. 58-65, EDN: QMFVQ. (In Russian).

5. Gurin K.G., 2024. *Otsenka gidravlicheskoj effektivnosti kanalov* [Assessment of the hydraulic efficiency of channels]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf. (Shumakovskie chteniya)* [Land Reclamation and Water Management: Proceed. of the All-Russian Scientific and Practical Conf. (Shumakov Readings)]. Novocherkassk, Lik Publ., pp. 189-194, EDN: EGCESH. (In Russian).

6. Ponomarenko T.S., Breeva A.V., Kovalev S.V., Sulina V.A., 2020. *Osobennosti podgotovki iskhodnykh dannykh dlya razrabotki komp'yuternykh gidrodinamicheskikh modelyey* [Specific features of preparing the initial data for the development of computer hydrodynamic models]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(77), pp. 14-18, EDN: RXCGMM. (In Russian).

7. Senchukov G.A., Ponomarenko T.S., 2022. *Modelirovanie protsessov vodoraspredeleniya na Proletarskoy orositel'noy sisteme* [Water distribution process modeling on the Proletarskaya irrigation system]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 12, no. 1, pp. 141-156, DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156, EDN: SZKJAD. (In Russian).

8. Ponomarenko T.S., 2014. *Tsifrovoye komp'yuternoye modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov v srede MIKE* [Digital computer modeling of hydrodynamic processes in the MIKE environment]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture, collection of scientific papers]. Novocherkassk, RosNIIPM, iss. 54, pp. 97-104, EDN: SZOHKZ. (In Russian).

9. Ponomarenko T.S., Breeva A.V., 2017. *Rezultaty tsenarnykh issledovaniy polifunktional'noy modeli Proletarskogo magistral'nogo kanala* [The scenario studies results of

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 97, № 3. С. 31–45.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2025. Vol. 97, no. 3. P. 31–45.

the hydrodynamic model of the Proletarskiy main canal]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture, collection of scientific papers], no. 3(67), pp. 40-46, EDN: ZSQGPT. (In Russian).

10. Atashi V., Lim Ye.H., Mahmood T.H., 2024. Cold Region River Flood Mapping and Scour Potential Prediction: Insights from Hydraulic Model Using Advanced Autonomous Surface Vehicles. *Environmental Processes*, vol. 11, no. 3, pp. 46, DOI: 10.1007/s40710-024-00721-7, EDN: FWMWPR.

11. Latyshenkov A.M., 1966. *Vybor naivyygodneyshikh razmerov kanalov trapetseidal'noy formy* [Selection of the most advantageous sizes of trapezoidal canals]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydraulic Engineering and Land Reclamation], no. 5, pp. 5-12. (In Russian).

Информация об авторах

Т. С. Пономаренко – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, ponomarenko.taisya@yandex.ru, AuthorID: 619318, ORCID ID: 0000-0002-2003-1686;

В. Д. Гостищев – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, nb515@mail.ru, AuthorID: 302324, ORCID ID: 0000-0002-0868-0712.

Information about the authors

T. S. Ponomarenko – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, ponomarenko.taisya@yandex.ru, AuthorID: 619318, ORCID ID: 0000-0002-2003-1686;

V. D. Gostishchev – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, nb515@mail.ru, AuthorID: 302324, ORCID ID: 0000-0002-0868-0712.

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 29.09.2025; одобрена после рецензирования 28.10.2025; принята к публикации 17.11.2025.

The article was submitted 29.09.2025; approved after reviewing 28.10.2025; accepted for publication 17.11.2025.