

# Анализ и выбор проектных технологических платформ при возведении горнотехнических конструкций систем водообеспечения

О.Ю. Козлова<sup>1</sup> ✉, В.В. Агафонов<sup>2</sup>, Б.Б. Борисов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация

✉ kozlova\_ou@mail.ru

**Резюме:** Проведен анализ проектных технологических платформ при строительстве систем водообеспечения. Анализ показал, что использование технологических платформ требует соблюдения и реализации определенного комплекса мероприятий по локализации и нивелированию влияния аварийных ситуаций, приводящих к перебоям водоснабжения. Возникновение аварийных ситуаций, приводящих к перебоям водоснабжения, связано в первую очередь с шуголедовыми составляющими. На втором месте находятся аварийные ситуации, связанные с загрязнением приемных решеток водоприемных устройств различного рода продуктами, и на последнем месте находятся аварийные ситуации, связанные с деформациями конструкций водоприемных устройств и их элементов.

Выбор рациональной технологической платформы системы водообеспечения предлагается производить с привлечением методологии и математического аппарата нечетких вычислений с формированием конечного постулата в трактовке максимизации общей эффективности функционирования и минимизации общего риска с использованием когнитивного моделирования и оптимизации. В статье представлена визуальная интерпретация выбора рациональной технологической платформы системы водообеспечения с использованием нечетких алгоритмов. Предложенный подход формализует формирование гибридных нечетко-нейросетевых когнитивных моделей.

В дальнейшем необходимо выявить положительные и негативные тенденции и закономерности ранее проведенных методологических и методических исследований и с их учетом разработать научно-методическое обеспечение (методику, проектные производственные правила и процедуры, алгоритмическое обеспечение) с рациональными геомеханическими модельными представлениями.

**Ключевые слова:** системы водообеспечения, технологическая платформа, системы поддержки проектных решений, когнитивное моделирование, модельное представление

**Для цитирования:** Козлова О.Ю., Агафонов В.В., Борисов Б.Б. Анализ и выбор проектных технологических платформ при возведении горнотехнических конструкций систем водообеспечения. *Горная промышленность*. 2026;(1):44–48. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-1-44-48>

## Analysis and selection of design technological platforms for construction of mining facilities and water supply systems

O.Y. Kozlova<sup>1</sup> ✉, V.V. Agafonov<sup>2</sup>, B.B. Borisov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation

✉ kozlova\_ou@mail.ru

**Abstract:** The paper analyzes design technological platforms used in the construction of water supply systems. This analysis showed that the use of technological platforms requires compliance with and implementation of a specific set of measures to localize and mitigate the impact of emergency situations that lead to water supply interruptions. The occurrence of emergency situations that lead to water supply interruptions is primarily associated with the slush-ice phenomena. Emergency situations

associated with contamination of the receiving strainers of the water intake devices with various types of products rank second, while the emergency situations caused by deformation of the structures of the water intake devices and their elements come last. It is proposed to select a rational technological platform for water supply systems using the methodology and mathematical tools of fuzzy calculations, with formulation of the final hypothesis in the interpretation of maximizing the overall efficiency of operation while minimizing the overall risk through the use of cognitive modeling and optimization. The article presents a visual interpretation of selecting a rational technological platform for a water supply system using fuzzy algorithms. The proposed approach formalizes creation of the hybrid fuzzy-neural network cognitive models.

In the future, it is necessary to identify positive and negative trends and patterns in previous methodological and procedural research and, based on this, develop scientific and methodological support (methodology, design production rules and procedures, algorithmic support) with rational geomechanical model representations.

**Keywords:** water supply systems, technological platform, design support systems, cognitive modeling, model representation

**For citation:** Kozlova O.Y., Agafonov V.V., Borisov B.B. Analysis and selection of design technological platforms for construction of mining facilities and water supply systems. *Russian Mining Industry*. 2026;(1):44–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-1-44-48>

## Введение

Системы водообеспечения классифицируются как сложные горнотехнические сооружения, причем особенности их проектирования и эксплуатации обусловлены специфичностью водопроявлений, для локализации которых требуются превентивные технологические решения нестандартного типа и принципиально иные методологические и методические производственные правила вынесения окончательных проектных решений, что подтверждается высокой степенью риска разработки и реализации проектов подобной направленности с режимами формирования и проявлений максимальных нагрузок, что, в свою очередь, требует отслеживания изменений эксплуатационных свойств сооружений и конструкций [1; 2]. Обобщающие связующие адаптивной направленности в технологических платформах систем водообеспечения заявляются с учетом оценки технологичности среды строительства и выступают в роли определенных ограничений, которые регламентируют реализацию технологических процессов и операций, что формирует определенный алгоритм их выполнения в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях.

В сфере обозначенных проблемных составляющих проектирования рассматриваемых горнотехнических сооружений наиболее рациональной и содержательной является методология с модельным представлением, где в качестве базовой составляющей заявляется модель дискретного (континуального) типа МКЭ с привлечением дополнительных составляющих методологии и математического аппарата нечетких вычислений с формированием конечного постулата в трактовке максимизации общей эффективности функционирования и минимизации общего риска с использованием когнитивного моделирования и оптимизации.

Анализ всего комплекса проектных технологических платформ при строительстве систем водообеспечения выявил ряд общих тенденций и закономерностей принципиального характера, отличающихся лишь использованием составляющих, учитывающих отличительные особенности технологичности исходных условий (факторов) реализации, свойств геологической и геотехнической среды и технологических структур реализации производ-

ственных процессов при ведении сопутствующих строительных работ.

В роли обобщающих аналогичных связующих общей направленности в технологических платформах систем водообеспечения заявляется техническая составляющая, однако технологичность среды строительства выступает в роли ограничений, накладываемых на выполняемые технологические процессы и операции, что формирует ряд их кардинальных различий.

## Результаты

Выбор конструктивных проектных решений типа компоновочных решений и особенно места расположения водозаборных сооружений систем водообеспечения в пределах заданного района пересеченной местности, закладываемых в основу технологических платформ их строительства, обосновывается и имеет конкретную привязку с учетом проведения планировочных и архитектурно-строительных работ по изменению прибрежной береговой линии, что обуславливает поперечное перемещение наносов. В проектных правилах и процедурах необходим учет изменения гидрологических, гидротермических и гидроморфологических процессов и условий забора воды, которые будут происходить и формироваться в последующем в результате строительства инженерных сооружений систем водообеспечения. Причем опыт эксплуатации подобных систем водообеспечения свидетельствует о том, что основными факторами, предопределяющими их эксплуатационную устойчивость, являются геомеханические составляющие грунтового массива строительства и сформировавшиеся течения в прибойных зонах.

С учетом этих составляющих возникает необходимость изыскания рациональной компоновки и конструктивных элементов определенного типа водозабора и водоприемных устройств, при наличии которых исключаются или предельно минимизируются риски проявлений аварийных ситуаций, связанных с геомеханическими составляющими и влиянием так называемых «сосредоточенных течений», формирующихся в прибойных зонах и оказывающих непосредственное влияние на систему водообеспечения (водозабор) за весь эксплуатационный период [3; 4].

Рациональным проектным решением будет то, которое

устраняет или нивелирует негативное влияние перемещения наносов на проектируемом участке. Все остальные решения будут связаны с дорогостоящими и длительными периодическими регламентными обслуживаниями водоприемных конструкций и устройств. В проектных решениях систем водообеспечения с наличием температурной стратификации водных масс следует предусматривать использование конструктивных решений систем водообеспечения на основе селективных водозаборов, которые имеют в основе функционала рационализацию забора холодной воды в летнее время и более теплой – в зимнее.

Анализ проектных технологических платформ при строительстве систем водообеспечения, реализуемых в настоящее время, показал, что основными являются системы с водозаборами с самотечными или сифонными водоводами руслового типа, водозаборами берегового типа, водозаборами сооружениями с подводным огражденным каналом, водозаборами островного типа, комбинированными водозаборами, водозаборными сооружениями в условиях стратифицированного водоема.

Первый вариант проектных технологических платформ при строительстве систем водообеспечения, т.е. систем с водозаборами с самотечными или сифонными водоводами руслового типа, рационально реализовывать в условиях с наличием затопленных водоприемников, что обеспечивает повышение степени обеспеченности и эксплуатационной устойчивости подачи воды. Они обеспечивают достаточную степень обеспеченности и эксплуатационной устойчивости подачи воды.

Технологические платформы с эстакадными сифонными водоводами, уложенными на эстакаде, реализуются при наличии в пределах водоемов небольших глубин благоприятных климатических условий с интенсивным засорением водных масс. В этих случаях в функциональной структуре таких платформ присутствуют элементы, позволяющие полностью или частично исключить флуктуации температурной стратификации водных масс с их засорением. Основным недостатком этого способа является необходимость восстановления рельефа береговой линии и прибрежных склонов, что требует дополнительных капитальных вложений.

В любом случае при реализации представленных технологических платформ должны присутствовать конструктивные рациональные элементы, которые обеспечивают следующий функционал:

- формирование равномерного распределения входного скоростного режима водных масс в водоприемные устройства;
- формирование режима импульсной обратной промывки с функцией недопущения в зону забора засоренных различными составляющими водных масс (мусор, шуга, растительность и пр.);
- исключение травмирования и гибели представителей речной и морской флоры и фауны.

Конкретное место размещения водозабора при использовании технологических платформ с водозаборами берегового типа должно удовлетворять следующему комплексу условий с весьма жесткими требованиями:

- элемент вдольбереговой миграции с составляющей наносов должен отсутствовать;
- элемент проникновения загрязняющих масс и влияния вдольбереговых течений на конструкции и элементы водоприемных окон должен отсутствовать;

– необходимые близко расположенные к береговой линии глубинные отметки забора воды должны присутствовать.

Также как и в предыдущей технологической платформе повышение степени обеспеченности и эксплуатационной устойчивости подачи воды с учетом трансформации береговой линии и прибрежных склонов обеспечивается за счет устранения и нивелирования влияния «сосредоточенных течений», исключения проникновения засоренных масс воды различными составляющими, осуществления и реализации селективного водоотбора, однако в этой конкретной ситуации требуется реализация дополнительных конструктивных составляющих в виде шпор, бунов и пр.

Технологические платформы с водозаборами, имеющими подводные огражденные каналы, реализуются в сложных и неблагоприятных низкотехнологичных условиях (резкое изменение температурного градиента в прибойных зонах, интенсивное загрязнение элементов водозабора различными составляющими, большой перепад необходимых глубинных отметок и значительная удаленность береговой линии от их необходимых величин), при этом заявляется большая потребность интенсивного водоснабжения, причем подводные каналы должны иметь системы охраны в виде дамб и волноломов.

Технологические платформы с водозаборами островного типа (крибы) реализуются в условиях интенсивной трансформации береговой линии, поперечного вдольберегового перемещения наносов, резкого изменения температурного градиента, которые позволяют значительно нивелировать либо полностью исключить случаи нарушения сложившегося режима течений и перемещения наносов в пределах проектируемого участка водной акватории.

Технологические платформы с конструкциями комбинированных водозаборов используются при наличии неблагоприятных природных условий эксплуатации, когда ни один из существующих способов не способен обеспечить приемлемую производительность и технико-экономическую эффективность. Технологические платформы в условиях стратифицированного водоема реализуются с селективным (послойным) заборами водных масс.

Обоснование параметров технологических платформ на основе селективного водоотбора необходимо производить с учетом временного периода продолжительности явления плотной стратификации водных масс с учетом значительной температуры и минерализации.

Следует отметить, что использование всех вышеперечисленных технологических платформ требует соблюдения и реализации определенного комплекса мероприятий по защите водозаборных сооружений от определенных факторов, загрязняющих и резко ухудшающих эффективность их функционирования и снижающих эксплуатационную устойчивость.

Анализ обобщенного опыта эксплуатации систем водообеспечения (водозаборов) показывает, что возникновение аварийных ситуаций, приводящих к перебоям водоснабжения, связано в первую очередь с шуголедовыми составляющими. На втором месте находятся аварийные ситуации, связанные с загрязнением приемных решеток водоприемных устройств различного рода продуктами, и на последнем месте находятся аварийные ситуации, связанные с деформациями конструкций водоприемных устройств и их элементов.

Выбор рациональной технологической платформы си-

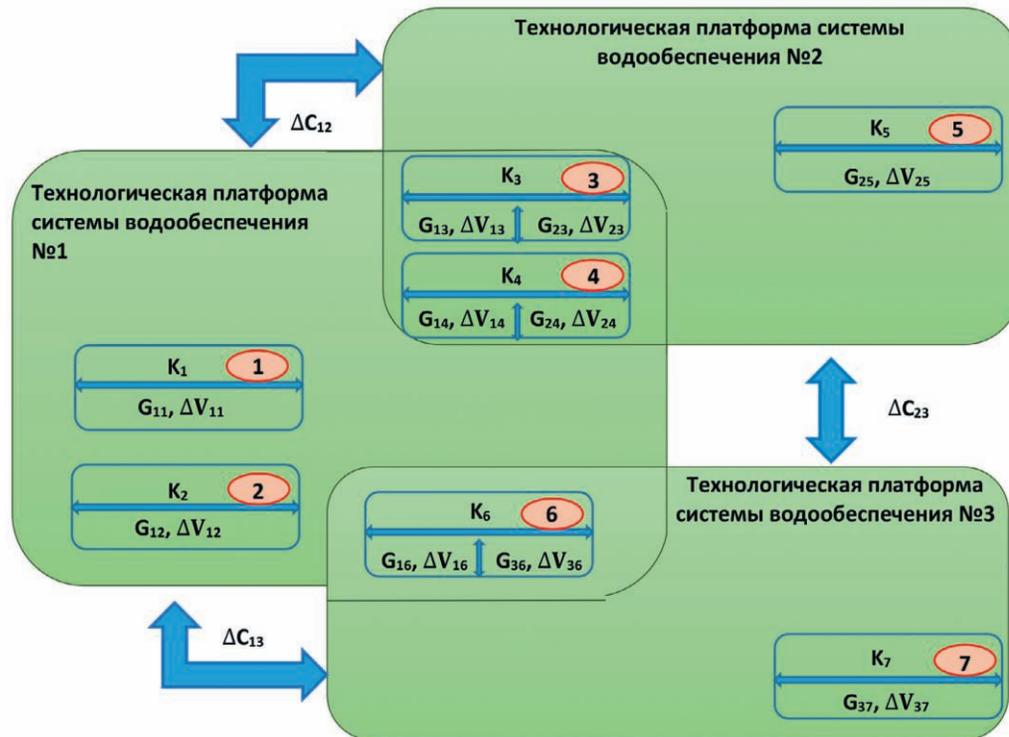


Рис. 1  
Визуальная интерпретация выбора рациональной технологической платформы системы водообеспечения с использованием нечётких алгоритмов:  
K – множество альтернативных технологических структур;  
ΔC – величина составляющей общей эффективности;  
G – когнитивная степень адаптивной принадлежности;  
ΔV – промежуточное множество критериев оптимальности

Fig. 1  
A visual interpretation of selecting a rational technological platform for a water supply system using fuzzy algorithms:  
K – A set of alternative technological structures;  
ΔC – the value of the overall efficiency component;  
G – the cognitive degree of adaptive belonging;  
ΔV – an intermediate set of optimality criteria

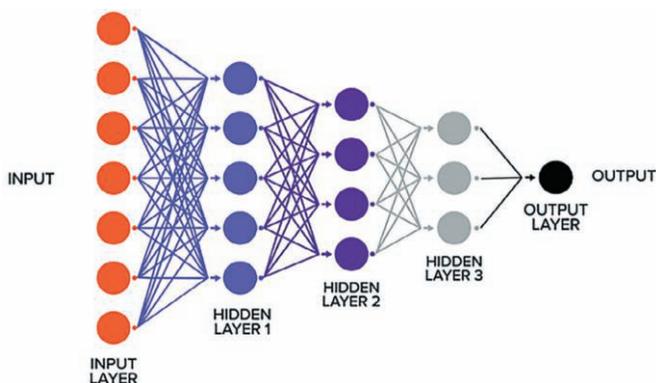


Рис. 2  
Визуализация представленного подхода с оптимизацией наиболее рационального пути выбора технологической структуры с использованием рекуррентной гибридной когнитивной модели ANFIS

Fig. 2  
Visualization of the presented approach with optimization of the most rational way to select a technological structure using the recurrent hybrid cognitive ANFIS model

системы водообеспечения предлагается производить с привлечением методологии и математического аппарата нечетких вычислений с формированием конечного постулата в трактовке максимизации общей эффективности функционирования и минимизации общего риска с ис-

пользованием когнитивного моделирования и оптимизации [5; 6] (рис. 1).

Предложенный подход формализует формирование гибридных нечетко-нейросетевых когнитивных моделей [7; 8]. Визуализация представленного подхода с оптимизацией наиболее рационального пути выбора технологической структуры представлена на рис. 2.

### Заключение

При анализе проектных технологических платформ при строительстве систем водообеспечения выяснилось, что их использование требует соблюдения и реализации определенного комплекса мероприятий по локализации и нивелированию влияния аварийных ситуаций, приводящих к перебоям водоснабжения (шуголедовые составляющие, загрязнение приемных решеток водоприемных устройств различного рода продуктами, деформации конструкций водоприемных устройств и их элементов и пр.).

С учетом вышеизложенного необходимо выявить положительные и негативные тенденции и закономерности ранее проведенных методологических и методических исследований в области заявленной научно-производственной задачи и с их учетом разработать научно-методическое обеспечение (методику, проектные производственные правила и процедуры, алгоритмическое обеспечение) с рациональными геомеханическими модельными представлениями.

**Список литературы / References**

1. Гаев А.Я. Проблемы водообеспечения и природопользования: вызовы XXI века. *Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана*. 2019;(4):212–217.  
 yGaev A.Ya. Water supply issues and the environmental challenges of the 21<sup>st</sup> century. *Science, New Technologies and Innovations in Kyrgyzstan*. 2019;(4):212–217. (In Russ.)
2. Клёпов В.И. Обеспеченность гарантированной водоотдачи водохранилищ в маловодных условиях. *Природообустройство*. 2009;(5):81–85.  
 Klerov V.I. Availability of the guaranteed water yield of reservoirs under little water conditions. *Prirodoobustrojstvo*. 2009;(5):81–85. (In Russ.)
3. Павлинова И.И., Смирнова В.А. Практика эксплуатации водонесущего транспорта и сооружений систем водообеспечения в экологических условиях мегаполиса. *Строительство. Экономика и управление*. 2021;(4):29–39.  
 Pavlinova I.I., Smirnova V.A. Practice of operation of water carrying transport and structures of water supply systems in the ecological conditions of megapolises. *Stroitelstvo. Ekonomika i Upravlenie*. 2021;(4):29–39. (In Russ.)
4. Клёпов В.И. Сложные водно-ресурсные системы. Особенности функционирования, надежность и экологическая безопасность. *Природообустройство*. 2021;(1):100-106. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2021-1-100-106>  
 Klerov V.I. Complex water-resource systems. Features of operation, reliability and environmental safety. *Prirodoobustrojstvo*. 2021;(1):100-106. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2021-1-100-106>
5. Аверкин А.Н., Ярушев С.А. Гибридная модель прогнозирования на основе глубинных нейронных сетей и когнитивного моделирования. В кн.: Колесников А.В. (ред.) *Гибридные и синергетические интеллектуальные системы: материалы 4-й Всероссийской Поспеловской конференции с международным участием, г. Калининград, 14–19 мая 2018 г.* Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта; 2018. С. 323–330.
6. Тарасов В.Б. Биполярные шкалы, многозначные семантики и решетки модальностей в моделировании когнитивных агентов. В кн.: Колесников А.В. (ред.) *Гибридные и синергетические интеллектуальные системы: материалы 4-й Всероссийской Поспеловской конференции с международным участием, г. Калининград, 14–19 мая 2018 г.* Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта; 2018. С. 98–115.
7. Нечаев Ю.И. Когнитивное моделирование поведения сложных систем на основе нейросетевых технологий и динамической теории катастроф. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. 2018;(2):3–11.  
 Nechaev Yu.I. Cognitive modeling of behavior of complex system on the basis of neural network technologies and the dynamic of catastrophe theory. *Neurocomputers*. 2018;(2):3–11. (In Russ.)
8. Лойко В.И., Барановская Т.П., Вострокнутов А.Е. Методика когнитивного моделирования и анализа целей и функций корпоративных интегрированных структур. *Современная экономика: проблемы и решения*. 2018;(11):84–97. Режим доступа: <https://journals.vsu.ru/meps/article/view/6589> (дата обращения: 29.10.2025).  
 Loyko V.I., Baranovskaya T.P., Vostroknutov A.E. The methodology of cognitive modeling and analysis of goals and functions of corporate integrated structures. *Modern Economics: Problems and Solutions*. 2018;(11):84–97. (In Russ.) Available at: <https://journals.vsu.ru/meps/article/view/6589> (accessed: 29.10.2025).

**Информация об авторах**

**Козлова Ольга Юрьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики-3, МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: kozlova\_ou@mail.ru

**Агафонов Валерий Владимирович** – доктор технических наук, профессор кафедры геотехнологий освоения недр Горного института, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: agafonofvv@yandex.ru

**Борисов Борис Борисович** – аспирант кафедры геотехнологий освоения недр Горного института, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: msmu-prpm@yandex.ru

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 19.10.2025

Поступила после рецензирования: 16.12.2025

Принята к публикации: 26.12.2025

**Information about the authors**

**Olga Yu. Kozlova** – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Higher Mathematics-3, a MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation; e-mail: kozlova\_ou@mail.ru

**Valery V. Agafonov** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Geotechnology of Subsurface Development at the Mining Institute, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russian Federation; e-mail: agafonofvv@yandex.ru

**Boris B. Borisov** – Postgraduate Student, Department of Subsoil Development Technologies at the Mining Institute, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russian Federation; e-mail: msmu-prpm@yandex.ru

**Article info**

Received: 19.10.2025

Revised: 16.12.2025

Accepted: 26.12.2025