

Интеграция цифровых технологий в научно-исследовательскую деятельность и процессы проектирования водопроводных сооружений и сетей

Рецензия эксперта на статью получена
21.10.2025 [The expert review of the article
was received on October 21, 2025]

Современные цифровые технологии предоставляют инженерам-технологам и проектировщикам, научным сотрудникам и аспирантам мощные инструменты, которые значительно упрощают их работу. Цифровизация открывает новые горизонты для развития отрасли, от компьютерного моделирования до автоматизированных систем управления расчётами. Главные выгоды — это значительная экономия времени на этапе постановки эксперимента, моделирования в натурных условиях и в процессе проектирования, минимизация просчётов и ошибок, а также повышение общего качества научно-исследовательских и проектных работ. Благодаря применению цифровых технологий повышается эффективность и снижаются затраты на все этапы работы над проектом, начиная с планирования, предпроектной проработки [1] и заканчивая его реализацией.

Как показывает многолетняя практика, выбор оптимальных технологических решений, например, в области очистки природных вод, должен базироваться на глубоком анализе современного состояния проблемы, уровня науки и техники, опыта работы сооружений в аналогичных условиях и, безусловно, на результатах экспериментальных исследований, проводимых на природной воде [1–3].

Моделирование процесса очистки воды по традиционной или усовершенствованной технологии в натурных условиях осуществляется на различных экспериментальных установках и стендах (фото 1), представляющих собой взаимосвязанные узлы и блоки, оснащённые запорно-регулирующей арматурой, при-

В проектировании систем водоснабжения, в состав которых входят сооружения для забора очистки, распределения и транспортирования очищенной и обеззараженной воды потребителям, ключевое место занимают гидравлические расчёты сооружений, наружных сетей и внутренних коммуникаций

борами, оборудованием и соединительными трубопроводами. Аналогичный подход используется и при исследовании других процессов, например, транспортирующей способности потоков, гидравлических характеристик трубопроводов с различными покрытиями и пр. [4].

В проектировании систем водоснабжения, в состав которых входят сооружения для забора, очистки, распределения и транспортирования очищенной и обеззараженной воды потребителям, ключевое место занимают гидравлические расчёты сооружений, наружных сетей и внутренних коммуникаций [2].

Ручные и полуавтоматические методы расчёта, например, водопроводных сетей, не только устарели, но и могут приводить к использованию неоптимальной их конфигурации. Дополнительные проблемы возникают из-за необходимости постоянного обновления данных (например, обновления каталогов производителей труб, материалов и параметрических характеристик трубопроводов), что в условиях отсутствия централизованных баз данных приводит к весьма значительным сложностям.

УДК 628.1. Научная специальность: 2.1.4.

Интеграция цифровых технологий в научно-исследовательскую деятельность и процессы проектирования водопроводных сооружений и сетей

Вадим Олегович Говоров, аспирант, кафедра «Водоснабжение и водоотведение» (ВиВ), Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); **Жанна Михайловна Говорова**, д.т.н., профессор, кафедра ВиВ, НИУ МГСУ

Для оперативного решения научных-технических задач в области водоснабжения всё чаще используются цифровые инструменты. Приведён опыт внедрения цифровых технологий в процессы проектирования инженерных сетей, являющихся неотъемлемым элементом любой системы водоснабжения. Проиллюстрировано применение no-code-платформы, позволяющей создать гибкое и адаптируемое решение, которое может эффективно масштабироваться и развиваться вместе с растущими и изменяющимися потребностями пользователей. Показано, что функциональность разработанного приложения не ограничивается только текущим набором возможностей — благодаря гибкой архитектуре и открытой платформе оно способно интегрировать новые функции, что делает его актуальным и полезным инструментом для выполнения научно-исследовательских и проектных работ в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: элементы системы водоснабжения, эксперимент, проектирование, цифровизация, no-code-платформы, гидравлический расчёт труб, веб-приложение.

UDC 628.1. Scientific specialty: 2.1.4.

Integration of digital technologies into scientific research activities and design processes of water supply facilities and networks

Vadim O. Govorov, PhD student, the Department of Water Supply and Sanitation (WSS), National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU); **Zhanna M. Govorova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of WSS, NRU MGSU

Digital tools are increasingly being used to quickly solve scientific and technical problems in the field of water supply. The experience of introducing digital technologies into the design processes of engineering networks, which are an integral element of any water supply system, is presented. The application of the no-code platform is illustrated, which allows creating a flexible and adaptable solution that can effectively scale and evolve along with the growing and changing needs of users. It is shown that the functionality of the developed application is not limited only to the current set of features, but, thanks to its flexible architecture and open development platform, it is able to integrate new functions, which makes it an actual and useful tool for performing research and design work in the long term.

Key words: elements of the water supply system, experiment, design, digitalization, no-code platforms, hydraulic calculation of pipes, web application.



❖ Фото 1. Общий вид экспериментальных стендов

Внедрение цифровых инструментов кардинально меняет ситуацию, автоматизируя расчёты и обеспечивая единую платформу для работы с данными и их актуализацию в реальном времени, тем самым упрощая взаимодействие между участниками проекта на всех его стадиях.

Стоит отметить, что в сфере водоснабжения для гидравлического расчёта, например, водопроводных сетей уже применяются различные цифровые технологии, получившие развитие в таких программных комплексах, как Revit, Renga, Zulu. Также для проведения расчётов используют универсальные программы, например, MS Excel. Однако такое программное обеспечение (ПО) требует установки на персональный компьютер и ограничено доступно для малых предприятий и частных пользователей в силу высокой стоимости лицензии.

Кроме того, в процессе работы специалисты часто прибегают к использованию различных справочников, классификаторов и выполняют промежуточные расчёты. Такие задачи зачастую требуют логического подхода для выбора технологического решения на основе определённых исходных данных или выполнения расчётов согласно установленным формулам, процесс которых вполне возможно автоматизировать для повышения эффективности предпроектных и проектных работ.

Отметим, что существует множество онлайн-ресурсов, доступных в интернете, способствующих упрощению и ускорению проектирования, например, vik.by [5].

Сравнительно недавно в ИТ-сфере появились так называемые «инструменты разработки без кода» (no-code, «zero-кодинг»), позволяющие решать различные задачи, в том числе в области проектирования инженерных сетей.

Инструменты no-code-разработки

No-code-платформы представляют собой инновационный инструментарий, позволяющий пользователям без навыков программирования создавать и развивать приложения (программные комплексы), используя визуальные интерфейсы с перетаскиванием элементов и настройкой параметров. Эти инструменты ускоряют процесс разработки и значительно уменьшают экономические барьеры для старта новых проектов. Важно отметить, что для проектов, которым необходим уникальный дизайн или особые функции, могут быть ограничения, что может сделать необходимым обращение к традиционным методам разработки. Так, важно тщательно оценить потребности проекта и возможности выбранной no-code-платформы, чтобы гарантировать, что она подходит для достижения поставленных целей.

За последние годы такие платформы, как Bubble, Wix, Glide и FlutterFlow, стали весьма востребованы благодаря своей способности дать пользователям, не имеющим профильного ИТ-образования, средства для быстрого прототипирования и запуска веб-приложений для решения различных задач.

В качестве проверки возможностей современных цифровых технологий в создании комплексных, мощных и адаптивных программных решений появилась идея разработки «прогрессивного веб-приложения» (Progressive Web App, PWA), которое позволит выполнять гидравлический расчёт на участках водопроводной сети. Этот пример ярко иллюстрирует, как передовые технологические подходы обеспечивают эффективное решение специализированных задач.

Основным инструментом для разработки PWA-приложения была выбрана

Glide — платформа для быстрой разработки прогрессивных веб-приложений на основе реляционных баз данных, в качестве которых могут использоваться Google-таблицы, Airtable или внутренняя база данных Glide [6].

Разработка приложения SheVa

Первым этапом разработки приложения является прототипирование: определение перечня задач, требований и условий, которым будет соответствовать программный продукт. Было принято, что приложение должно отвечать следующим требованиям:

- интуитивно понятный интерфейс;
- возможность использования на любых устройствах (телефон, планшет, персональный компьютер) без предварительной установки;
- возможность выполнения гидравлического расчёта водопроводных труб по таблицам Ф. А. Шевелева [7];
- выбор различного материала труб (стальные, чугунные, пластмассовые, стеклопластиковые и др.);
- наличие единой базы данных с техническими параметрами трубопроводов по ГОСТ, ТУ, каталогам производителей;
- возможность ввести расчётный диаметр, как в исходном виде, так и через толщину стенки и наружный диаметр трубопровода;
- решение обратной задачи по нахождению внутреннего диаметра трубопровода по расходу и скорости;
- возможность рассчитать потери напора по длине трубопровода;
- возможность сохранить результаты расчёта, а также скопировать их в буфер обмена;
- обеспечение удобного и быстрого доступа к различной нормативной и технической документации, а также к учебным и методическим пособиям;
- наличие конвертера перевода основных величин (единиц измерения давления, расхода, объёма);
- возможность для дальнейшего развития функционала продукта.

Таким образом, исходя из вышеперечисленных требований, была принята серверная архитектура приложения, которая подразумевает, что все данные приложения, база данных, визуальные элементы, а также логическая и вычислительная части будут находиться на удалённом компьютере (сервере), что позволяет без установки приложения на устройство пользователя обновлять и расширять его возможности. Однако стоит отметить, что минусом такого подхода является обязательное наличие доступа в Интернет.

Рис. 1. Информация о характеристиках труб, записанная в базу данных

Следующим шагом является создание базы данных, которая будет хранить всю необходимую информацию об основных и промежуточных расчётах, данные о характеристиках трубопроводов (материал, диаметры, состояние) (рис. 1), справочные материалы, а также данные пользователей (электронная почта и имя).

Чтобы правильно структурировать базу данных, необходимо понять, какие рабочие процессы будут происходить в приложении. Одним из таких процессов является гидравлический расчёт, целью которого служит определение потерь напора по длине трубопровода при допустимых значениях скорости воды в диапазоне 0,3–1,5 м/с. Для снижения трудоёмкости определения потерь напора по длине на практике широко применяются специальные таблицы [7], составленные в 1950-х годах Ф. А. Шевелевым. Такие таблицы позволяют определить величину потерь напора на единицу длины трубопровода i или на 1000 м длины ($1000i$) для всех стандартных диаметров труб различных типов в широком диапазоне расходов и соответствующих им скоростей.

В данных таблицах используется формула Дарси — Вейсбаха:

$$i = \lambda \frac{1}{d_p} \frac{v^2}{2d}, \quad (1)$$

где i — гидравлический уклон (потери напора на единицу длины); λ — коэффициент трения по длине; d_p — расчётный внутренний диаметр трубы, м; v — средняя скорость движения воды, м/с; g — ускорение свободного падения, м/с².

Для использования формулы необходимо определить значения коэффициента λ для труб из различных материалов и принять расчётные величины диаметров. Диаметры для труб из различных материалов выбираются согласно ГОСТам или принимаются проектировщиком в зависимости от исходных данных. В табл. 1 представлены формулы для расчёта коэффициента λ для некоторых материалов труб.

пример, выбранный материал трубопровода, принятый расчётный диаметр, результаты вычисления коэффициента трения по длине и гидравлического уклона);

- «Сохранённый расчёт» — содержит данные о произведённых расчётах и их результатах;
- «Конвертер» — содержит необходимые данные для конвертации различных единиц измерений;
- «Справочник» — здесь структурированы данные о полезной технической, нормативной и учебной литературе.

Рис. 2. Таблица «Текущий расчёт»

Под конструированием базы данных на платформе Glide подразумевается создание взаимосвязанных основных и вспомогательных таблиц, каждая из которых обозначает некую «сущность» (объект) и содержит поля (свойства), относящиеся к свойствам этой «сущности». Например, таблица «Пользователи» будет содержать такие поля, как «Имя», «Email», «Роль», а также поля, которые будут связаны с расчётами каждого пользователя.

Таким образом, по указанному принципу были созданы основные таблицы:

- «Пользователи» — содержит информацию о пользователе;
- «Текущий расчёт» — содержит информацию непосредственно о производимом пользователем гидравлическом расчёте (на-

Также были созданы вспомогательные таблицы, содержащие данные о параметрах трубопроводов, варианты выбора пользователя. Между необходимыми полями таблиц установлены реляционные связи, которые позволяют приложению взаимодействовать с теми или иными данными в зависимости от выбора пользователя.

Следующим этапом после создания базы данных является создание логики приложения. Часть расчётных процессов выполняется непосредственно в базе данных, например, вычисление расходов воды, скоростей потоков и величины гидравлического уклона.

На рис. 2 показан пример такого вычисления в таблице «Текущий расчёт».

Определение коэффициента λ в зависимости от материала труб

табл. 1

Материалы труб	Значение коэффициента трения по длине λ	Материалы труб	Значение коэффициента трения по длине λ
Новые стальные	$\frac{0,312}{d_p^{0,226}} \left(1 + \frac{0,684}{v} \right)^{0,226}$	Асбестоцементные	$\frac{0,184}{d_p^{0,193}} \left(0,37 \times 10^{-6} + \frac{v}{v} \right)^{0,19}$
Стальные	$\frac{0,021}{d_p^{0,3}}$	Железобетонные	$\frac{0,01574}{d_p^{0,193}} \left(0,37 \times 10^{-6} + \frac{v}{v} \right)^{0,19}$
Чугунные	$\frac{1}{d_p^{0,3}} \left(1,5 \times 10^{-6} + \frac{v}{v} \right)^{0,3}$		

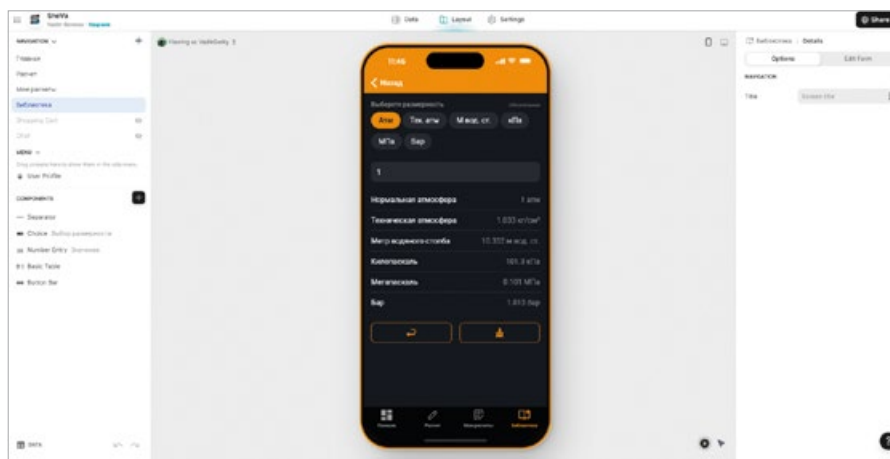


Рис. 3. Процесс «сборки» приложения в визуальном редакторе платформы Glide

В поле «*гидравлический уклон*» производится вычисление гидравлического уклона по формуле (1) на основании ранее внесённых в поля базы данных параметров (состояние материала трубы, материал трубы, скорость движения воды в трубопроводе при заданном расходе, расчётный диаметр).

Остальная часть настройки логических процессов заключается в настройке видимости различных элементов приложения, в зависимости от сценарного использования, а также настройки про-

цессов различных кнопок в приложении в специальном редакторе сценариев.

Сам же процесс «сборки» визуальной составляющей приложения достаточно прост и понятен.

В разделе «Макет» платформы Glide осуществляется вёрстка макета приложения. Из различных визуальных элементов, таких как поля ввода, выпадающие списки, кнопки и переключатели, посредством простого перетаскивания их в рабочую область собирается интерфейс работающего приложения.

На рис. 3 представлен процесс сборки экрана «Конвертер» в визуальном редакторе платформы Glide.

В результате разработки и тестирования приложения получился продукт, отвечающий вышеописанным критериям и объединяющий в себе простоту использования с гибким функционалом, включая возможность выбора различных материалов трубопроводов, учёт их характеристик и автоматизированный расчёт потерь напора на участках водопроводной сети. Визуально привлекательный и интуитивно понятный интерфейс прост в освоении и удобен. На рис. 4 и 5 представлена вкладка приложения «Расчёт».

Реализация в приложении таких возможностей, как сохранённые расчёты и доступ к нормативно-технической литературе, показана на рис. 6 и 7.

Гибкий функционал созданного на платформе Glide приложения включает возможность выбора различных материалов трубопроводов, учёт их характеристик и автоматизированный расчёт потерь напора на участках водопроводной сети

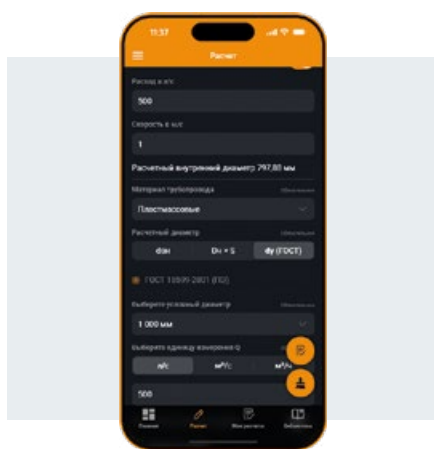


Рис. 4. Поля для выбора и ввода исходных данных на вкладке «Расчёт»

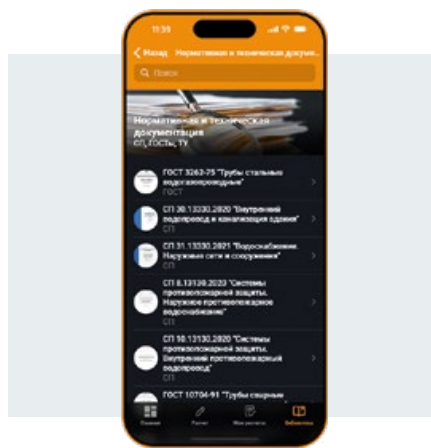


Рис. 6. Перечень доступной нормативно-технической литературы («Библиотека»)

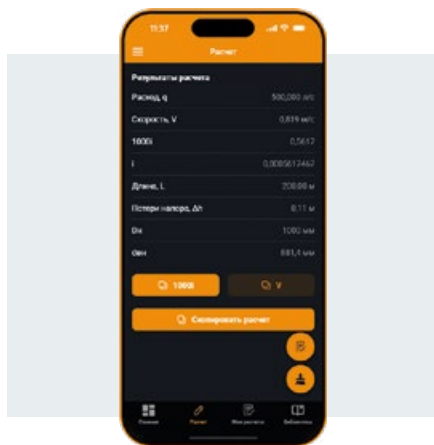


Рис. 5. Результаты гидравлического расчёта на вкладке «Расчёт»

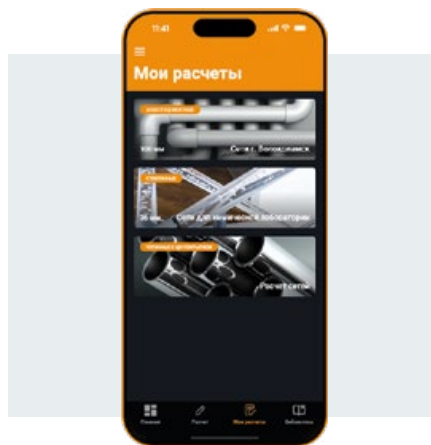


Рис. 7. Отображение сохранённых расчётов на вкладке «Мои расчёты»

Заключение

Применение цифровых технологий в области водоснабжения позволяет оперативно решать задачи различного плана. Приведены описание и функциональные возможности инструментов «разработки без кода» (no-code), а также результаты практической реализации в области инженерных расчётов систем водоснабжения — разработанное веб-приложение с использованием современного ИТ-инструмента — платформы Glide.

- Журба М.Г., Говорова Ж.М. Обоснование водоочистных технологий и их инвестирования: науч. издание. — М., 2012. 176 с.
- Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Т. 3: Системы распределения и подачи воды. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Изд-во АСВ, 2010. 408 с.
- Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Федотов Р.В., Шуккин С.А., Каберская Д.В., Паукова Д.В. Технология двухступенчатой очистки воды с высоким содержанием железа и марганца // Водоснабжение и санитарная техника, 2022. №8. С. 8–15.
- Орлов В.А., Дежина И.С., Нечитаева В.А. Интенсификация работы открытых водосточных лотков // Промышленное и гражданское строительство, 2020. №1. С. 66–70.
- База знаний для проектировщиков [Электр. ресурс]. Режим доступа: vik.by. Дата обращ.: 10.09.2025.
- Платформа Glid [Электр. ресурс]. Режим доступа: glideapps.com. Дата обращ.: 12.09.2025.
- Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб: справ. пособие. 10-е изд., исправл. — М.: ООО «Бастет», 2014. 352 с.

References — see page 79.

Integration of digital technologies into scientific research activities and design processes of water supply facilities and networks. Pp. 14–17.

Vadim O. Govorov, PhD student, the Department of Water Supply and Sanitation (WSS), National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU); **Zhanna M. Govorova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of WSS, NRU MGSU

1. M.G. Zhurba, Zh.M. Govorova. *Obosnovanie vodoочистnykh tekhnologiy i ikh investirovaniya: nauch. izdanie* [Justification of water treatment technologies and their investment: A scientific book]. Moscow. 2012. 176 p. [In Russian]
2. M.G. Zhurba, L.I. Sokolov, Zh.M. Govorova. *Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzhenij. V 3 ch. T. 3: Sistemy raspredeleniya i podachi vody* [Water supply. Design of systems and structures. In 3 vol. Vol. 3: Water distribution and supply systems]. 3rd edition, rev. and exp. Moscow. Izd-vo ASV [Publishing House of the Association of Construction Universities ("ASV" Publishers)]. 2010. 408 p. [In Russian]
3. L.N. Fesenko, S.I. Ignatenko, R.V. Fedotov, S.A. Shchukin, D.V. Kaberskaya, D.V. Paukova. *Tekhnologiya dvukhstupenchatoy ochistki vody s vysokim soderzhaniem zheleza i margantsa* [Two-stage water purification technology with a high iron and manganese content]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* ["Water Supply and Sanitary Engineering" Magazine]. 2022. No. 8. Pp. 8–15. [In Russian]
4. V.A. Orlov, I.S. Dezhina, V.A. Nechitaeva. *Intensifikatsiya raboty otkrytykh vodostochnykh lotkov* [Intensification of open gutter operation]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* ["Industrial and Civil Engineering" Magazine]. 2020. No. 1. Pp. 66–70. [In Russian]
5. *Baza znaniy dlya proektirovshchikov* [Knowledge base for designing engineer]. Web-source: vik.by. Access date: September 10, 2025. [In Russian]
6. *Platforma Glid* [Glid Platform]. Web-source: glideapps.com. Access date: September 12, 2025. [In Russian]
7. F.A. Shevelev, A.F. Shevelev. *Tablitsy dlya gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnykh trub: spravochnoe posobie* [Tables for hydraulic calculation of water pipes: A reference manual]. 10th edition, rev. Moscow. OOO "Bastet" ["Bastet", LLC]. 2014. 352 p. [In Russian]