

УДК 628.1; 004.9; 004.8

С. В. Окладникова, Г. Б. Абуова

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

Представлена продукционная модель расчета водопотребления на основе правил «условие — действие». Модель учитывает демографию (возраст, пол, дети), состояние сетей, климат, сезонность, социально-экономические, промышленные и противопожарные факторы. Поддерживает три уровня детализации данных, адаптируясь к их доступности. Верификация в Астраханской области показала отклонение 2,5 % против 14,6 % у нормативного метода. Модель рекомендована для предпроектных расчетов и обоснования инвестиций.

К л ю ч е в ы е с л о в а: продукционная модель, водопотребление, логический вывод, корректирующие коэффициенты, цифровизация, системы водоснабжения.

Введение

Повышение точности инженерных расчетов в системах водоснабжения становится особенно востребованным в эпоху цифровой трансформации строительного комплекса [1]. От достоверного определения расчетных расходов воды зависят технические параметры сетей и стабильность их работы. Активное внедрение BIM-технологий и цифровых инструментов в практику проектирования инженерных систем создает предпосылки для автоматизации расчетных задач водоснабжения [2].

Расчетные задачи в сфере водопотребления относятся к числу многофакторных: здесь необходимо принимать во внимание разные группы потребителей, демографическую ситуацию, износ сетей, погодно-климатические и сезонные изменения, а также социально-экономические условия [3]. Действующие отраслевые своды правил (СП 31.13330, СП 8.13130) опираются на детерминированные формулы с фиксированным набором поправочных коэффициентов, что не дает возможности полноценно отражать региональную специфику и совместное влияние нескольких факторов одновременно. Для регионов характерен высокий износ водопроводных сетей и неравномерность водопотребления, что подтверждается анализом состояния местных систем водоснабжения [4].

В реальной проектной практике специалисты часто пользуются табличными расчетами, что повышает вероятность появления ошибок. Коммерческие программные продукты либо обладают чрезмерно широкой функциональностью, либо не позволяют комплексно охватить все составляющие водопотребления [5]. Как следствие, ни нормативные указания, ни существующее программное обеспечение (ПО) не обеспечивают одновременного учета таких неоднородных параметров, как возрастной состав населения, техническое состояние водопроводной сети, климатические условия и др., что негативно сказывается на надежности прогнозов. Возникает противоречие: с одной стороны, существует объективная потребность в комплексном учете множества факторов, а с другой — ограниченность существующих инструментов, не предоставляющих гибкого механизма формализации разно-

родных зависимостей. Разрешить данное противоречие способна формализованная модель, объединяющая в единой логической системе нормативные требования, экспертные знания и характеристики конкретного объекта.

Научная новизна заключается в формализации процесса расчета водопотребления на основе продукционной модели, в которой расчетные процедуры и влияющие факторы представлены в виде системы правил «условие — действие». Это обеспечивает единый механизм логического вывода, позволяющий гибко комбинировать факторы и адаптировать расчет к конкретным условиям.

Цель настоящей работы заключается в построении продукционной модели для расчета водопотребления населенных пунктов, позволяющей формализовать вычислительный процесс через систему логических правил.

Материалы и методы исследования

Основу информационной базы и методов исследования составили нормативно-справочная и научно-прикладная литература, инструментарий системного анализа, экспертных оценок и формализации предметной области. Ключевыми нормативными документами выступили СП 31.13330.2021¹ и СП 8.13330.2020², устанавливающие базовые нормы расхода воды для разных категорий абонентов, правила расчета среднесуточных и часовых расходов, а также требования к противопожарному водоснабжению, поливу и промышленному водопотреблению.

Дополнительно привлекались научные публикации по моделированию систем водоснабжения и применению цифровых технологий в инженерной практике [6—11], а также результаты отечественных и зарубежных исследований, подтверждающих значимость демографических, поведенческих, климатических и социально-экономических факторов для расхода воды [7—13].

В качестве объектов для сравнительного анализа были рассмотрены программные комплексы ZuluHydro³, «УМНАЯ ВОДА»⁴ и WaterSupply⁵. Оценка проводилась по таким критериям, как полнота функций, соответствие нормативам, доступность, наличие поддержки и возможность объединения разных типов расчетов. Анализ показал, что эти средства либо избыточны (из-за ориентации на детальное гидравлическое моделирование), либо, наоборот, слишком ограничены и не охватывают все значимые составляющие водопотребления. Кроме того, ни одно из них не содержит формализованного описания нормативных зависимостей в виде единой исполняемой модели, что затрудняет автоматизацию и повышает риск ошибок.

Обоснование состава корректирующих коэффициентов. Продукционная модель основана на обобщающей формуле (см. далее), учитывающей не только базовую норму и численность населения, но и систему поправочных коэффициентов, сформированных на основе научных исследований и отраслевой практики:

¹ СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (введ. 28.01.2022). М. : Минстрой России, 2021. 115 с.

² СП 8.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности (введ. 30.09.2020). М. : МЧС России, 2020.

³ URL: <https://www.politerm.com/products/hydro/zuluhydro>.

⁴ URL: <https://www.csoft.ru/soft/umnaya-voda/umnaya-voda.html>.

⁵ URL: <https://www.kommproekt.ru/index.php/blog/item/157-istokcalc-watersupply>.

1. K_{age} и K_{sex} учитывают демографическую структуру: водопотребление лиц старше 65 лет в среднем на 10...15 % ниже, а мужчины и женщины различаются по частоте использования сантехники [8, 14].

2. $K_{children}$ вводится для учета повышенного расхода воды в домохозяйствах с маленькими детьми. Согласно данным [8, 14], присутствие ребенка в возрасте до 3 лет увеличивает суточное водопотребление семьи на 12...18 % (из-за более частой стирки, купания и приготовления пищи). Для детей от 3 до 7 лет прирост составляет 5...10 %. При отсутствии информации о возрастном составе семьи по умолчанию принимается $K_{children} = 1,0$. Все соответствующие продукционные правила приведены в табл. 1.

3. K_{life} отражает бытовые привычки (частота использования техники, длительность душа) на основе социологических опросов и экспертных оценок.

4. K_{equip} характеризует эффективность сантехники: водосберегающие устройства снижают потребление на 10...15 % (подтверждено испытаниями).

5. K_{cond} учитывает состояние сети: потери в изношенных сетях достигают 20...30 % [6, 11].

6. K_{season} и K_{clim} корректируют сезонные и климатические особенности; диапазоны определены по данным метеонаблюдений и нормативам полива [3, 7].

7. K_{soc} отражает социально-экономические условия (доходы, стоимость воды, наличие счетчиков) [4, 10].

Значения коэффициентов устанавливались на основе статистики водоснабжающих организаций Астраханской области, опроса 15 экспертов и обобщения натурных наблюдений [7—9, 15]. Каждый коэффициент имеет минимальное, максимальное и наиболее вероятное значения, что позволяет применять модель как в детерминированном, так и в вероятностном варианте, что особенно важно при учете социально-экономических факторов [16]

Методологическая основа продукционного моделирования. Методической основой исследования является системный подход к анализу предметной области и формализации процессов расчета водопотребления. Для построения модели использован метод представления знаний в виде продукционных правил, позволяющий описать зависимости между входными параметрами и расчетными показателями в форме «условие — действие» [14—17]. Этот подход широко применяется при разработке экспертных систем и интеллектуальных информационных технологий и обеспечивает возможность формализации нормативных требований с последующей реализацией механизма логического вывода.

Процесс вывода правил включал несколько этапов:

1. Анализ нормативных документов — из СП 31.13330 и СП 8.13130 выделены обязательные условия и формулы (расчет расхода на хозяйственно-питьевые нужды, нормы полива, требования к противопожарному запасу).

2. Экспертное структурирование знаний — на основе интервью с проектировщиками систем водоснабжения определены дополнительные факторы, не учтенные явно в нормативах, но существенно влияющие на итоговый расход (состояние сетей, социально-экономические особенности).

3. Формализация в виде продукций — каждое влияние фактора представлено в виде правила: ЕСЛИ (условие) ТО (действие). Примеры: ЕСЛИ возраст ≥ 65 лет, ТО применить коэффициент $K_{age} = 0,85$; ЕСЛИ тип сантехники энергоэффективный, ТО $K_{equip} = 0,9$.

4. Верификация правил — разработанные правила проверены на контрольных примерах (населенные пункты с известными параметрами) путем сопоставления результатов расчета с фактическими данными водопотребления, предоставленными местными водоканалами. Отклонение в пределах 5...12 % признано допустимым для этапа предпроектных проработок.

Для автоматизации вывода и проведения серийных расчетов создан прототип программного модуля [18].

Уровни детализации исходных данных. Одной из ключевых особенностей модели является ее адаптивность к объему доступной входной информации. Предусмотрены три уровня:

1. Базовый — задействуются только общедоступные параметры: численность жителей, тип застройки (многоквартирная или частная), климатическая зона. Все поправочные коэффициенты равны 1,0. Модель соответствует нормативному расчету по СП 31.13330.

2. Стандартный — коэффициенты определяются по открытым статистическим и справочным данным (Росстат, отраслевые доклады, климатические справочники). Достаточно для большинства предпроектных задач.

3. Расширенный — используется при наличии специального технического задания или результатов инженерного обследования (опросы, данные о приборах учета, акты диагностики сетей). Дает максимальную точность.

Таким образом, модель не требует обязательного сбора труднодоступной информации и работоспособна при любом объеме исходных данных.

Результаты

Результатом проведенного авторами исследования является разработанная продукционная модель, реализованная в виде прототипа программного модуля, позволяющего автоматизировать расчет водопотребления населенных пунктов на основе системы правил логического вывода.

Формализация расчетных зависимостей. На основе требований СП 31.13330.2021 и СП 8.13330.2020, а также гидравлических принципов и учета выявленных влияющих факторов была выведена обобщенная формула суточного водопотребления:

$$Q = N \cdot q_b \cdot K_{age} \cdot K_{sex} \cdot K_{life} \cdot K_{equip} \cdot K_{cond} \cdot K_{season} \cdot K_{clim} \cdot K_{soc} \cdot K_{children},$$

где Q — суточный расход воды для категории, л/сут; N — количество людей; q_b — базовая норма водопотребления на человека, л/(чел. · сут); остальные коэффициенты — описанные выше поправочные множители.

В продукционной модели коэффициенты перемножаются не автоматически, а только при выполнении соответствующих условий активации (правила из табл. 1). Это предотвращает двойной счет взаимосвязанных факторов.

Продукционная модель: компоненты и примеры правил. Модель оперирует тремя основными компонентами: фактами (исходные показатели), действиями (вычислительные процедуры) и продуктами (промежуточные или итоговые значения). Логика вывода пошагово реализует сбор и структурирование входных параметров, последовательную активацию правил, расчет промежуточных расходов по категориям, их суммирование и формирование отчета. В табл. 1 приведены характерные примеры продукционных правил.

Т а б л и ц а 1

Примеры производственных правил, реализованных в модели

Условие	Действие
Если возраст ≥ 65 лет	$K_{age} = 0,85$
Если возраст 18—64 года (трудоспособный)	$K_{age} = 1,0$
Если в семье есть ребенок младше 3 лет	$K_{children} = 1,15$
Если в семье есть ребенок 3—7 лет	$K_{children} = 1,08$
Если в семье дети отсутствуют или старше 7 лет	$K_{children} = 1,0$
Если пол мужской (для отдельных гигиенических процедур)	$K_{sex} = 1,05$
Если тип сантехники энергоэффективный (аэраторы, двухрежимный слив)	$K_{equip} = 0,9$
Если сезон — лето и имеются зеленые зоны/полив	$K_{season} = 1,2$
Если климат сухой (среднегодовая влажность $< 40\%$)	$K_{clim} = 1,1$
Если состояние сети — высокий износ ($> 50\%$ износа)	$K_{cond} = 1,25$
Если социально-экономический уровень низкий (доходы ниже среднего, низкая оснащенность приборами учета)	$K_{soc} = 0,9$
Если промышленное предприятие имеет высокий технологический расход	$Q_{пром} = Q_{tex} \cdot 1,3$
Если этажность здания > 5 и отсутствуют внутренние пожарные резервуары	Расход на наружное пожаротушение принимается по табл. 2 СП 8.13130

Схема разработанной производственной модели расчета водопотребления представлена на рис.

Экспериментальная проверка адекватности модели. Для верификации были выбраны три населенных пункта Астраханской области: поселок А (1200 чел., частный сектор, износ сетей 45 %, полив); город Б (45 000 чел., многоэтажная застройка, износ 30 %); село В (850 чел., смешанная застройка, износ 60 %, обширный полив). По каждому объекту получены данные об отпуске воды из сетей (предоставлены местными водоканалами за 2023—2024 гг.). Выполнены расчеты по трем методикам: по разработанной производственной модели, по классической нормативной методике (СП 31.13330) и в программном пакете ZuluHydro. Результаты сведены в табл. 2.

Представленные фактические показатели (отпуск воды) не тождественны реальному потреблению, поскольку включают потери и коммерческий недоучет. Поэтому сравнение с ними носит *оценочный характер*. Тем не менее расхождение между расчетом по производственной модели и данными водоканала составило 0,9...3,9 %. Средняя абсолютная относительная погрешность на трех объектах 2,5 %, что позволяет говорить об *инженерной пригодности* модели для предпроектных оценок. Нормативный метод СП дает среднее отклонение 14,6 %, ZuluHydro — 3,4 %. Производственная модель, в отличие от ZuluHydro, не требует детального гидравлического расчета сети и естественным образом включает демографические, инфраструктурные и социально-экономические факторы.

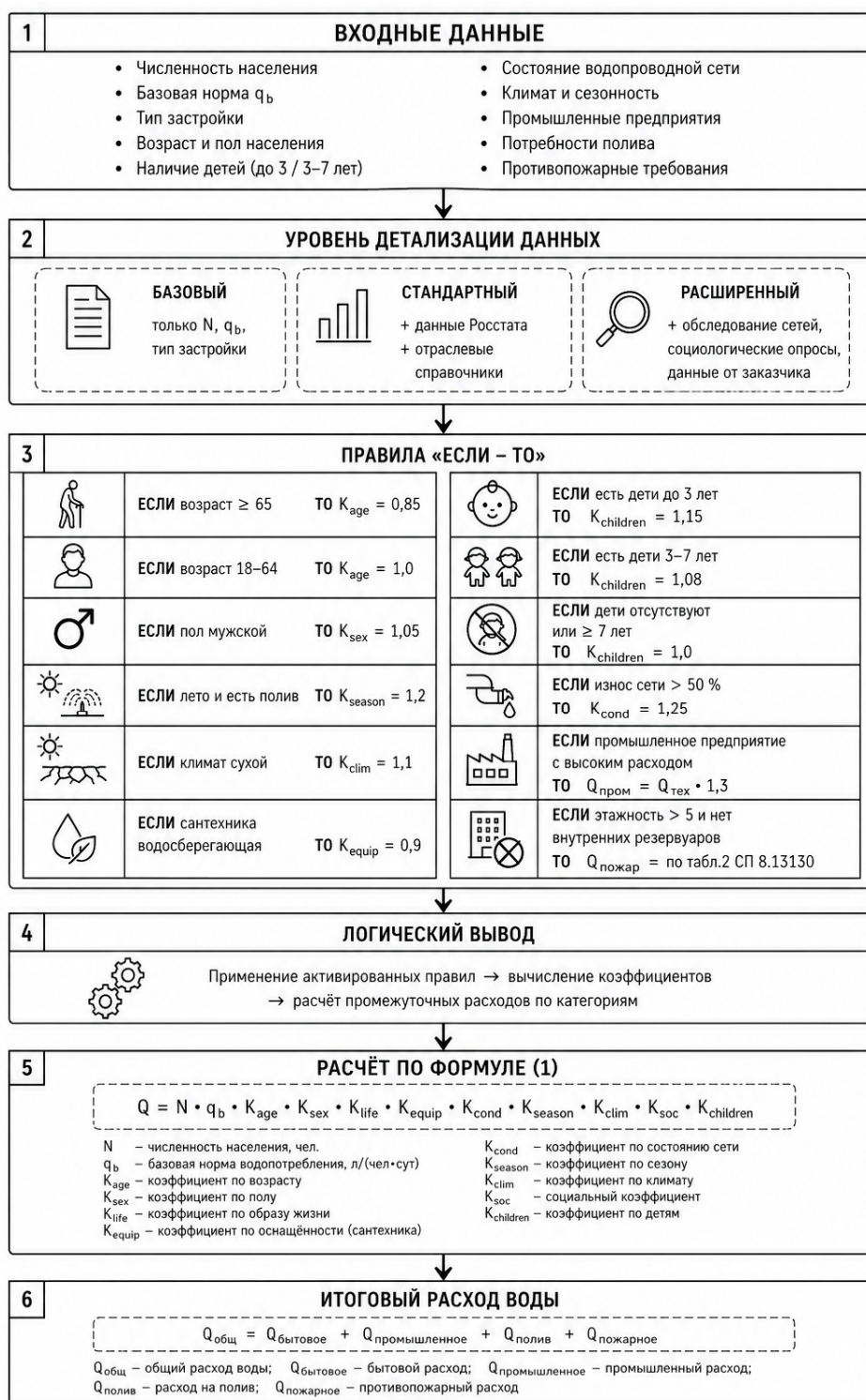


Схема разработанной продукционной модели расчета водопотребления

Т а б л и ц а 2

Сравнение расчетных значений и отпуска воды, м³/сут

Объект	Отпуск воды (водоканал)	Расчет по СП	Расчет в ZuluHydro	Расчет по производственной модели
Поселок А	98,5	112,0	95,2	102,3
Город Б	7850	9210	8010	7920
Село В	68,2	79,5	65,8	70,1

Выявленные закономерности и сравнение с аналогами. Экспериментальные расчеты показали:

1. Наибольшие пики водопотребления связаны с населением трудоспособного возраста и летним сезоном при наличии полива (для поселка А и села В учет сезонного фактора увеличил расчетный расход на 12...18 %).

2. Учет технического состояния сетей (K_{cond}) позволяет количественно оценить потери: в селе В с износом 60 % расчетный расход с поправкой на потери оказался на 24 % выше, чем без нее.

3. Противопожарный резерв вносит существенный вклад в общий суточный объем — для города Б он увеличил расчет на 12 %.

Сравнение с коммерческими программными комплексами показывает, что производственная модель:

- дает существенно меньшую погрешность, чем чисто нормативный метод (2,5 % против 14,6 %);
- сопоставима по точности с ZuluHydro (2,5 % против 3,4 %), но не требует трудоемкого гидравлического моделирования;
- отличается прозрачной логикой вывода, что упрощает адаптацию под региональные нормативы.

Обсуждение

Разработанная производственная модель обладает рядом преимуществ перед классическими нормативными расчетами и существующими программными решениями. В противоположность жестким формулам СП, она допускает гибкое комбинирование разнородных факторов: возрастной, половой и детский состав жителей, поведенческие привычки, износ трубопроводов, климатические и сезонные колебания, социально-экономические особенности. Интеграция этих факторов в сквозную систему логических правил повышает точность прогнозов и позволяет адаптировать расчет к конкретному региону.

Сравнение с гидравлическими пакетами (ZuluHydro, «УМНАЯ ВОДА», WaterSupply) показывает их ориентацию либо на детальное потокораспределение в сети (что требует больших трудозатрат), либо на узкий набор показателей без учета «гидравлических» факторов. Предлагаемая модель, напротив, дает быструю интегральную оценку водопотребления с учетом специфики объекта, без необходимости строить сложную гидравлическую схему. Как показали расчеты, ее погрешность сопоставима с погрешностью гидравлических пакетов, а по демографическим, социальным и инфраструктурным параметрам она даже превосходит их. В отличие от матричных моделей надежности систем водоснабжения [19], предложенный производственный подход позволяет учитывать большее число факторов на этапе предпроектных оценок.

Как и любая модель, предложенный подход имеет ряд ограничений:

1. Модель ориентирована на суточные расходы; внутрисуточная динамика не отслеживается без дополнительных настроек. Для часовых графиков потребуется подключение модулей неравномерности.

2. Коэффициенты K_{age} , K_{sex} , K_{life} , $K_{children}$, K_{soc} относятся к расширенному уровню детализации. При их отсутствии модель автоматически переключается на базовый уровень (коэффициенты = 1,0), что соответствует нормативной точности.

3. Диапазоны коэффициентов получены на основе данных Астраханской области и могут требовать калибровки при переносе на другие регионы. Однако архитектура модели делает такую настройку тривиальной.

Практическая ценность и перспективы. Модель применима на стадии предпроектных проработок, для обоснования инвестиционных программ (через K_{cond} можно оценить эффект от снижения потерь) и для учета региональных особенностей.

В перспективе планируется интеграция со SCADA-системами и «умными» счетчиками, использование методов машинного обучения для уточнения коэффициентов, расширение до часового моделирования и создание веб-сервиса (REST API) для встраивания в BIM- и ГИС-платформы. Аналогичные исследования для Астраханской области подтверждают эффективность применения методов машинного обучения в задачах управления водными ресурсами. Эти направления позволят перейти от статического расчета к интеллектуальному управлению водными ресурсами в реальном времени [20].

Заключение

В статье представлена разработанная авторами производственная модель расчета водопотребления населенных пунктов, основанная на системе логических правил.

Научная новизна состоит в формализации широкого круга факторов (демографических, инфраструктурных, климатических, социально-экономических, в том числе наличия детей) в виде исполняемых производственных правил, обеспечивающих комплексный учет влияющих параметров и адаптацию к региональным условиям. Модель впервые поддерживает три уровня детализации исходных данных, что делает ее работоспособной даже при минимальной информации.

Основные итоги:

- обоснован набор корректирующих коэффициентов, включая новый — $K_{children}$;
- построена система производственных правил для всех основных категорий потребителей;
- экспериментальная проверка на трех реальных объектах подтвердила адекватность модели: средняя относительная погрешность (в оценочном сравнении с отпуском воды) составила 2,5 %, что значительно ниже погрешности традиционного нормативного метода (14,6 %).

Практическая значимость заключается в возможности применения модели на этапе предпроектных работ, для адаптации проектных решений к местным условиям и для оценки эффективности реконструкции водопроводных систем.

Дальнейшие исследования будут направлены на интеграцию с системами мониторинга, применение методов машинного обучения и переход к часовому моделированию водопотребления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Иванов А. А.* Моделирование систем водоснабжения в современных условиях // Вестн. строит. науки. 2022. Т. 15. № 4. С. 45—56.
2. Реализация замкнутой системы водоснабжения промышленного предприятия как основа ресурсосбережения / Д. О. Игнаткина, А. А. Геращенко, Д. В. Текушин и др. // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2025. Вып. 2(99). С. 113—126. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_113. EDN: FFSFMF.
3. *Петров Б. В.* Водопотребление населенных пунктов при изменяющихся климатических условиях // Инженерные системы. 2023. Т. 12. № 2. С. 78—87.
4. Особенности проектирования внутренних систем водоснабжения уникальных высотных и большепролетных зданий / Д. О. Игнаткина, А. А. Войтюк, А. А. Геращенко и др. // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2024. Вып. 4(97). С. 176—187. DOI: 10.35211/18154360_2024_4_176. EDN: QLJUUP.
5. *Смирнова Е. Ю.* Автоматизация расчетов в инженерных системах // Строительная информационно-модельная технология. 2021. Т. 8. № 3. С. 34—42.
6. *Блохина М. С.* Управление инженерными системами с использованием больших данных // Современные технологии строительства. 2023. Т. 18. № 6. С. 99—110.
7. *Zhang L., Chen Y.* Evaluation of urban water demand modeling under climate change // Journal of Hydrology. 2021. Vol. 597. P. 126437.
8. *Smith T. R., Johnson P.* Effects of demographic change on municipal water use // Water Science and Technology. 2022. Vol. 85. Iss. 9. Pp. 2190—2202.
9. *Müller S. A., Weber T.* Integrating normative standards into hydraulic models // Urban Water Journal. 2023. Vol. 20. Iss. 5. Pp. 559—570.
10. *Nguyen T. L., Nguyen Q. T., Nguyen H. T.* Rule-based modeling for urban service systems // Applied Soft Computing. 2024. Vol. 130. P. 110378.
11. *Costa J. R., Gomes A.* Normative frameworks and engineering practices in potable water calculation // Water Policy. 2021. Vol. 23. Iss. 4. Pp. 617—635.
12. *Окладникова С. В., Алябьев А. А.* Продукционная модель базы знаний интеллектуальной системы гидравлического расчета водопроводной сети // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи — развитию науки и образования : материалы XIV Междунар. науч. форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников (28—30 мая 2025) / Под общ. ред. С. П. Стрелкова. Астрахань : АГАСУ, 2025. С. 19—22.
13. *Окладникова С. В., Войнова В. С.* Информатическая модель автоматизированной системы проектирования водопроводных сетей // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования : материалы VII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Астрахань, 10 фев. 2025). Астрахань : АГАСУ, 2025. С. 302—305.
14. *Lee H. K., Park S.* Development of expert systems for water supply design // Journal of Water Supply. 2019. Vol. 68. Iss. 3. Pp. 234—242.
15. *García F. J., Martínez A.* Water consumption prediction in urban areas using AI methods // Water Resources Management. 2020. Vol. 34. Iss. 10. Pp. 3105—3120.
16. *Иванова Н. П.* Расчет водопотребления с учетом социально-экономических факторов // Строительная термодинамика и механика. 2024. Т. 2. № 1. С. 15—25.
17. *Khan M. A., Hussain Z.* Intelligent modeling of water distribution networks // Journal of Hydroinformatics. 2022. Vol. 24. Iss. 7. Pp. 1201—1217.
18. *Окладникова С. В., Войнова В. С., Абуова Г. Б.* Программный модуль определения расчетных расходов воды для населенного пункта : свид. о рег. программы для ЭВМ RU № 2025666181 Рос. Федерация № 2025663921 ; заявл. 02.06.2025 ; опубл. 24.06.2025.
19. Интеграция скважин в систему водоснабжения при реконструкции объекта социально-культурного назначения / Д. О. Игнаткина, Ю. Ю. Юрьев, О. С. Власова и др. // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2025. Вып. 2(99). С. 140—152. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_140. EDN: FJSNOE.
20. Некоторые аспекты прохождения экспертизы проектов водоснабжения и водоотведения при возведении зданий повышенной этажности и заглубленных комплексов / Д. О. Игнаткина, А. А. Геращенко, А. А. Войтюк и др. // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-

строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2024. Вып. 3(96). С. 87—97.
DOI: 10.35211/18154360_2024_3_87. EDN: ZZEGNJ.

© Окладникова С. В., Абуова Г. Б., 2026

Поступила в редакцию
28.04.2026

Ссылка для цитирования:

Окладникова С. В., Абуова Г. Б. Продукционная модель расчета водопотребления населенного пункта // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2026. Вып. 3(104). С. 114—123. DOI: 10.35211/18154360_2026_3_114.

Об авторах:

Окладникова Светлана Владимировна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. систем автоматизированного проектирования и моделирования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет (АГАСУ). Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 18; okladnikova.s.v@ya.ru

Абуова Галина Бекмуратовна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет (АГАСУ). Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 18; isipb@aucu.ru

Svetlana V. Okladnikova, Galina B. Abuova

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering

PRODUCTION MODEL FOR CALCULATING WATER CONSUMPTION IN A SETTLEMENT

A production model for calculating water consumption based on “condition — action” rules is presented. The model accounts for demographic characteristics (age, sex, presence of children), the technical condition of water supply networks, climate, seasonality, socio-economic conditions, as well as industrial and fire-fighting water demand. A key feature is the support of three levels of input data detail (basic, standard, extended), which adapts the calculation to the actual availability of information. Experimental verification in the Astrakhan region demonstrated a deviation of 2.5 %, compared to 14.6 % for the standard normative method. The model is recommended for pre-design calculations and for justifying investment programs in water supply systems.

Key words: production model, water consumption, inference engine, adjustment coefficients, digitalization, water supply systems.

For citation:

Okladnikova S. V., Abuova G. B. [Production model for calculating water consumption in a settlement]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2026, iss. 3, pp. 114—123. DOI: 10.35211/18154360_2026_3_114.

About authors:

Svetlana V. Okladnikova — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering (AGASU). 18, Tatishcheva st., Astrakhan, 414056, Russian Federation; okladnikova.s.v@ya.ru

Galina B. Abuova — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering (AGASU). 18, Tatishcheva st., Astrakhan, 414056, Russian Federation; isipb@aucu.ru