

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ ГОРОДА
НУКУС С УЧЁТОМ ПЕРСПЕКТИВНОГО РОСТА НАСЕЛЕНИЯ ДО 2040
ГОДА**

*Каракалтакский Государственный Университет
имени Бердаха, строительный факультет,
магистрант 2-курса направления
«Инженерные коммуникации»*

Рейпназаров Шарьяр Жолмырза улы

E-mail: rsharyar@mail.ru

Тел.: +998 93 099 02 01

Аннотация

В статье рассматривается гидравлический расчёт водопроводной сети города Нукус с учётом перспективного роста населения до 400 тыс. человек к 2040 году. Актуальность исследования связана с необходимостью обеспечения устойчивого водоснабжения города в условиях расширения городской территории, увеличения водопотребления и повышения нагрузки на инженерную инфраструктуру.

В работе приведены расчётные расходы воды, рассмотрены основные режимы работы системы подачи и распределения воды, а также обоснована необходимость проверки сети по потерям напора, скоростям движения воды и обеспечению требуемого свободного напора у потребителей. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения расчётных данных при реконструкции и модернизации водопроводной сети города Нукус.

Ключевые слова: водоснабжение, гидравлический расчёт, город Нукус, водопроводная сеть, расход воды, потери напора, генплан 2040.

Abstract

The article considers the hydraulic calculation of the water supply network of Nukus, taking into account the projected population growth to 400,000 people by 2040. The relevance of the study is related to the need to ensure sustainable water supply under conditions of urban expansion, increasing water consumption and growing load on engineering infrastructure.

The paper presents design water flows, considers the main operating modes of the water supply and distribution system, and substantiates the need to check the network for head losses, water velocities and the required free pressure at consumers. The practical significance of the study lies in the possibility of using calculation results for the reconstruction and modernization of the water supply network of Nukus.

Keywords: water supply, hydraulic calculation, Nukus, water supply network, water flow, head loss, master plan 2040.

Введение

Система водоснабжения является одной из основных инженерных систем города, от которой зависят санитарная безопасность, устойчивость городской среды и качество жизни населения. Для города Нукус данный вопрос имеет особую актуальность, поскольку город развивается как административный и социально-экономический центр Республики Каракалпакстан.

Согласно перспективному развитию города, численность населения Нукуса к 2040 году может достигнуть около 400 тыс. человек [2]. Такой рост требует пересмотра расчётных расходов воды, проверки пропускной способности водопроводной сети и оценки возможности обеспечения нормативного напора у потребителей.

В условиях засушливого климата и ограниченности водных ресурсов особое значение имеет рациональное проектирование системы водоснабжения. Требования к проектированию наружных сетей и сооружений водоснабжения, расчётным расходам, напорам и режимам работы системы устанавливаются нормативными документами [3, 4]. Недостаточная пропускная способность трубопроводов, повышенные потери напора и неравномерность давления могут привести к перебоям в подаче воды и аварийным ситуациям.

Цель исследования — обосновать необходимость гидравлического расчёта водопроводной сети города Нукус с учётом перспективного роста населения до 2040 года. Для достижения поставленной цели рассмотрены расчётные расходы воды, режим максимального часового водоразбора, основные условия гидравлической увязки кольцевой сети, а также практическое значение полученных результатов.

Основная часть

Одним из основных исходных параметров при проектировании системы водоснабжения является расчётная численность населения. Для города Нукус на перспективу принимается численность населения $N = 400\,000$ человек. При средней норме водопотребления $q = 200$ л/сут на человека среднесуточный расход воды составит:

$$Q_{\text{сут.ср}} = N \times q / 1000$$

$$Q_{\text{сут.ср}} = 400\,000 \times 200 / 1000 = 80\,000 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Система водоснабжения должна рассчитываться не только на среднесуточный, но и на максимальный суточный расход. В соответствии с требованиями расчёта наружных систем водоснабжения при определении расчётных расходов учитываются коэффициенты неравномерности

водопотребления [3, 4]. При коэффициенте суточной неравномерности $K_{сут} = 1,25$ получаем:

$$Q_{сут.макс} = Q_{сут.ср} \times K_{сут}$$

$$Q_{сут.макс} = 80\,000 \times 1,25 = 100\,000 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Таким образом, максимальный суточный расход воды для перспективного населения города Нукус может составить около 100 тыс. $\text{м}^3/\text{сут.}$ Этот показатель является основой для определения производительности водозаборных сооружений, очистных сооружений, резервуаров чистой воды и насосных станций.

Для гидравлического расчёта распределительной сети наиболее важным является режим максимального часового водоразбора. В этот период сеть испытывает наибольшую нагрузку, а потери напора достигают максимальных значений. Максимальный часовой расход определяется по формуле:

$$Q_{ч.макс} = Q_{сут.макс} \times K_{ч} / 24$$

где $Q_{ч.макс}$ — максимальный часовой расход, $\text{м}^3/\text{ч}$; $Q_{сут.макс}$ — максимальный суточный расход, $\text{м}^3/\text{сут.}$; $K_{ч}$ — коэффициент часовой неравномерности. При $K_{ч} = 1,5$ получаем:

$$Q_{ч.макс} = 100\,000 \times 1,5 / 24 = 6\,250 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

$$Q_{ч.макс} = 6\,250 \times 1000 / 3600 = 1736 \text{ л/с.}$$

Следовательно, водопроводная сеть города Нукус должна быть рассчитана на подачу расхода порядка 1736 л/с в час максимального водоразбора. Дополнительно при проектировании необходимо учитывать пожарные расходы, аварийные режимы и сосредоточенное водопотребление крупных объектов [3, 4].

Гидравлический расчёт выполняется для определения распределения расходов воды по участкам сети, подбора диаметров трубопроводов, расчёта скоростей движения воды, потерь напора и проверки свободного напора у потребителей. Основными задачами расчёта являются определение расходов на участках сети, выбор диаметров труб, расчёт скоростей движения воды, определение потерь напора, проверка свободного напора в узловых точках и выявление перегруженных участков сети.

Для городских систем водоснабжения наиболее надёжной является кольцевая схема сети. Она позволяет обеспечивать подачу воды к потребителям с разных направлений и повышает устойчивость системы при аварийном отключении отдельных участков [5, 6]. При расчёте кольцевой сети необходимо соблюдать баланс расходов в узлах:

$$\sum Q_{вх} = \sum Q_{вых}$$

Также для каждого замкнутого контура должно выполняться условие:

$$\sum h = 0$$

где h — потери напора на участках кольца. Если сумма потерь напора по кольцу не равна нулю, выполняется перераспределение расходов между участками сети. Расчёт повторяется до достижения допустимой невязки. Такой подход позволяет обеспечить более равномерное распределение расходов и устойчивую работу водопроводной сети [5].

Потери напора являются одним из основных показателей, определяющих эффективность работы водопроводной сети. Они зависят от длины участка, диаметра трубы, расхода воды, материала трубопровода и шероховатости внутренней поверхности. Для практических инженерных расчётов могут использоваться таблицы гидравлического расчёта водопроводных труб [5]. Потери напора на участке можно определить по формуле:

$$h = i \times L$$

где h — потери напора, м; i — гидравлический уклон; L — длина участка трубопровода, м. Скорость движения воды определяется по формуле:

$$v = 4Q / \pi d^2$$

где v — скорость движения воды, м/с; Q — расход воды, м³/с; d — внутренний диаметр трубопровода, м. Слишком низкая скорость может привести к застою воды и ухудшению её качества, а слишком высокая — к увеличению потерь напора, риску гидроударов и ускоренному износу трубопроводов. Поэтому при проектировании необходимо подбирать такие диаметры труб, при которых обеспечиваются допустимые скорости, минимальные потери напора и требуемый свободный напор у потребителей [3, 4].

Результаты гидравлического расчёта позволяют определить участки сети, где наблюдаются повышенные потери напора, недостаточный свободный напор или перегрузка трубопроводов. На основе этих данных можно обосновать необходимость увеличения диаметров отдельных участков, строительства дополнительных водоводов, устройства перемычек или реконструкции насосных станций.

Для города Нукус это особенно важно в связи с перспективным расширением городской территории. Новые жилые районы могут находиться на значительном расстоянии от основных магистральных водоводов, что увеличивает потери напора и требует дополнительного расчётного обоснования [2]. Кроме того, гидравлический расчёт позволяет повысить энергоэффективность системы. Если сеть работает с большими потерями напора, насосные станции вынуждены создавать повышенный напор, что увеличивает расход электроэнергии. Оптимизация диаметров и схемы сети позволяет снизить эксплуатационные затраты и повысить надёжность водоснабжения [6].

Заключение

Перспективное развитие города Нукус и рост численности населения до 400 тыс. человек к 2040 году требуют комплексного подхода к расчёту и развитию системы водоснабжения. При принятой норме водопотребления 200 л/сут на человека среднесуточный расход воды составляет около 80 тыс. м³/сут, а максимальный суточный расход — около 100 тыс. м³/сут.

Водопроводная сеть должна быть рассчитана на режим максимального часового водоразбора, который в рассматриваемом случае составляет около 1736 л/с. Также необходимо учитывать пожарные, аварийные и перспективные режимы работы системы. Гидравлический расчёт позволяет определить расходы на участках сети, подобрать диаметры трубопроводов, рассчитать потери напора и проверить обеспечение нормативного свободного напора у потребителей.

Для города Нукус такие расчёты являются основой для реконструкции, модернизации и устойчивого развития системы водоснабжения. Таким образом, гидравлический расчёт водопроводной сети города Нукус является необходимым инженерным инструментом для обеспечения надёжного водоснабжения в условиях роста населения, расширения городской территории и повышения требований к качеству городской инфраструктуры.

Список литературы

- [1] Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-4555 от 30.12.2019. URL: <https://lex.uz/docs/4660457>
- [2] Генеральный план развития города Нукус до 2040 года. URL: <https://mc.uz/uz/documentation/nukus-master-plan>
- [3] СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
- [4] СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84.
- [5] Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб. Москва: Стройиздат.
- [6] Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Москва: Стройиздат.