

А. А. Солдатова^{1}, А. В. Дубровский¹*

Применение ГИС для оптимизации работы городской инженерной инфраструктуры

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: sanya.soldatova04@gmail.com

Аннотация. В условиях стремительного роста современные города сталкиваются с рядом значительных вызовов, касающихся управления инженерной инфраструктурой, включая водоснабжение, водоотведение, тепло- и электроснабжение. Эффективное решение этих задач требует комплексного подхода и использования современных технологий, среди которых важную роль играют географические информационные системы (ГИС). В статье рассмотрены возможности использования ГИС для оптимизации работы городской инженерной инфраструктуры. Статья рассматривает функции ГИС, такие как инвентаризация и мониторинг состояния инженерной инфраструктуры, моделирование и прогнозирование работы систем коммуникации, оптимизацию эксплуатации и ресурсосбережение, обеспечение информационного взаимодействия между обслуживающими организациями. Выполняя данные функции, ГИС, позволяет пользователям системы оптимизировать работу городской инженерной инфраструктуры. Применение ГИС способствует упрощению процессов управления, ресурсосбережения, а также поддержанию устойчивого развития городской среды.

Ключевые слова: геоинформационные системы, инженерная инфраструктура, инвентаризация, мониторинг, моделирование, ресурсосбережение

A. A. Soldatova^{1}, A. V. Dubrovsky ¹*

The use of GIS to optimize the operation of urban engineering infrastructure

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail address: sanya.soldatova04@gmail.com

Abstract. In the context of rapid development, modern cities face a number of significant challenges related to the management of engineering infrastructure, including water supply, sanitation, heat and electricity supply. The effective solution of these tasks requires an integrated approach and the use of modern technologies, among which the geographic information system (GIS) plays an important role. The article discusses the possibilities of using GIS to optimize the operation of urban engineering infrastructure. The article examines the functions of GIS, such as inventory and monitoring of the state of engineering infrastructure, modeling and forecasting of communication systems, optimization of operation and resource conservation, ensuring information interaction between service organizations. By performing these functions, GIS optimizes the operation of urban engineering infrastructure. The successful implementation of GIS facilitates the simplification of management processes, resource conservation, as well as the maintenance of sustainable urban development.

Keywords: geoinformation systems, engineering infrastructure, inventory, monitoring, modeling, resource conservation

Введение

Современные города сталкиваются с множеством вызовов, в том числе, связанных с управлением инженерной инфраструктурой, включая вопросы планирования, эксплуатации и обслуживания систем водоснабжения, водоотведения, тепло- и электроснабжения, газоснабжения и т.п. Эффективное решение этих задач требует комплексного подхода и использования современных технологий, среди которых особое место занимают географические информационные системы (ГИС). ГИС позволяют интегрировать пространственные и атрибутивные данные, решая аналитические задачи для управления и оптимизации городской инфраструктуры.

Применение ГИС в городском управлении способствует повышению эффективности работы инженерных систем, улучшению качества предоставляемых услуг и минимизации затрат по обслуживанию и ремонту. Системы ГИС позволяют операторам визуализировать данные, проводить пространственный анализ и моделировать различные сценарии, что, в свою очередь, помогает в принятии более обоснованных управленческих решений. В эпоху цифровизации и умных городов использование ГИС становится неотъемлемой частью стратегического управления инфраструктурными проектами.

В данной статье будут рассмотрены направления применения ГИС для оптимизации работы городской инженерной инфраструктуры, проанализированы примеры успешной реализации инженерно-инфраструктурных ГИС в различных городах, а также выявлены основные преимущества и вызовы, связанные с внедрением данных технологий. Конечная цель исследования заключается в том, чтобы продемонстрировать, как ГИС может не только упростить процессы управления, но и способствовать созданию более устойчивой и эффективной городской среды.

Результаты

В качестве нового, адаптированного к проблематике исследования терминологического аппарата нами предлагается рассмотреть два понятия: «инженерно-инфраструктурные ГИС» и «стратегическое управление инфраструктурными проектами».

Инженерно-инфраструктурные ГИС – это специализированные системы, предназначенные для сбора, хранения, обработки, анализа и визуализации пространственных данных, связанных с инженерной инфраструктурой.

Стратегическое управление инфраструктурными проектами – это реализация систематического подхода к планированию, выполнению и контролю инфраструктурных проектов с целью достижения долгосрочных перспективных экономико-социальных и организационных целей, а также оптимизации ресурсов.

Применение ГИС для оптимизации работы городской инженерной инфраструктуры заключается в выполнении ГИС следующих функций (рис. 1).



Рис. 1. Функции ГИС для оптимизации работы городской инженерной инфраструктуры

Инвентаризация и мониторинг состояния инженерной инфраструктуры. Технические средства и ГИС системы мониторинга. В первую очередь ГИС занимают важное место в проведении инвентаризации инженерной инфраструктуры и мониторинга её состояния. Инвентаризация инженерной инфраструктуры представляет собой совокупность работ в отношении инженерных сетей, проводимых с целью получения сведений об их актуальных технических характеристиках. Инвентаризация – непрерывный процесс, сопровождающий ввод в эксплуатацию новых объектов и оборудования, обследование эксплуатируемых и списание старых объектов и оборудования [1]. ГИС позволяет осуществлять сбор, анализ и визуализацию пространственных данных, что необходимо при проведении инвентаризации инженерной инфраструктуры.

ГИС хранит данные о местоположении коммуникаций, сведения об их состоянии. Благодаря ГИС представляется возможность визуализировать эту информацию на карте, что способствует своевременному выполнению ремонтных работ в необходимых местах.

Результаты мониторинга инженерной инфраструктуры отражают её работу. Система мониторинга собирает информацию о параметрах, нагрузках на сеть, контролирует сроки сервисного обслуживания и т.д. В случае нештатных ситуаций система может помочь сформировать прогноз развития событий и предложить варианты ликвидации последствий.

ГИС для мониторинга инженерной инфраструктуры включают в себя картографическую информацию, данные об объектах мониторинга и их техническом состоянии, данные о ремонте и обслуживании объектов. Они способствуют

осуществлению точного и оперативного управления инженерной инфраструктурой, выполняя функции предупреждения и планирования ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Моделирование и прогнозирование работы систем инженерной инфраструктуры. Моделирование работы систем инженерной инфраструктуры заключается в создании компьютерной модели, используемой для анализа, оптимизации и прогнозирования работы инженерной инфраструктуры.

Моделирование инженерной инфраструктуры значительно упрощает процесс обслуживания и управления линейными объектами, так как при необходимости проведения ремонта известно точное пространственное расположение сетей коммуникаций относительно друг друга. Пользователям предоставляется возможность совмещать новые проекты и модели с существующими объектами, что способствует выявлению конфликтов в местоположении, обнаружению свободного пространства и др. таким образом, ГИС отвечают потребностям пространственного моделирования инженерных сетей, их взаимной увязке с объектами окружающего мира [2].

Прогнозирование работы систем инженерной инфраструктуры представляет собой обоснованное предсказание вероятных событий, тенденций развития в отношении сетей коммуникаций. Прогнозирование основано на выявлении связи и зависимости между прошлым, настоящим и будущим периодами мониторинга. Прогнозирование работы линейных объектов помогает обнаружить и предотвратить возможные аварии, улучшить процесс обслуживания инженерной инфраструктуры.

Оптимизация эксплуатации и ресурсосбережение. ГИС оптимизируют эксплуатацию инженерной инфраструктуры, выполняя ряд задач, таких как:

- проектирование контуров коммуникаций, с помощью ГИС происходит выбор оптимального расположения линейных объектов с учетом рельефа местности, существующих коммуникаций, водных объектов, экологических факторов;
- сбор и анализ данных о нагрузке на сети коммуникаций;
- организация проведения проверок технического состояния линейных объектов. ГИС обеспечивают инвентаризацию инженерных коммуникаций с указанием точного местоположения объектов, ведут базу данных их состояния;
- составление графика осуществления ремонтных работ, контроль их выполнения;
- обнаружение участков, на которых произошла авария, предотвращение потери ресурсов жизнеобеспечения населения.

В целом ГИС используется для оптимизации эксплуатации инженерной инфраструктуры, так как с помощью ГИС можно осуществлять планирование и размещение объектов, проводить инвентаризацию и мониторинг состояния, прогнозировать работу сетей коммуникации, визуализировать данные инженерной инфраструктуры

Использование ГИС для ресурсосбережения при работе с инженерными коммуникациями осуществляется при выполнении задач по:

– обработке информации о потреблении энергоресурсов в объектах ЖКХ. Это необходимо для дальнейшей разработки мероприятий по энергосбережению с учетом уровня изношенности коммуникаций;

– проведению своевременного мониторинга инженерных коммуникаций, что позволяет реагировать на возникновение аварийных ситуаций, предотвращать их последствия;

– выполнению расчетов сетей коммуникации, например, проводить расчеты по определению давления в трубопроводе при выходе из строя насоса, или определить, сколько потребителей окажется без воды при отключении задвижки трубопровода;

– визуализации расположения инженерной инфраструктуры. Это способствует эффективному управлению использованием ресурсов, например, помогает оптимизировать маршруты передачи воды для устранения перегрузок и снижения потерь;

– оценке влияния новых сетей коммуникаций на окружающую среду и ресурсы жизнеобеспечения населения. Для выполнения данной задачи ГИС используется для прогнозирования потребности населения в ресурсах, планирования распределения необходимых ресурсов;

– мониторингу и обслуживанию инженерных коммуникаций. Например, ГИС имеет возможность отслеживать утечки в системе водоснабжения и предоставлять информацию об аварийных участках для своевременного реагирования и устранения повреждений.

– анализу эффективного использования ресурсов. ГИС помогает проанализировать данные о потреблении ресурсов в различных районах города, что позволяет сделать выводы о наиболее эффективном использовании ресурсов.

Обеспечение информационного взаимодействия между обслуживающими организациями. ГИС обеспечивает информационное взаимодействие между обслуживающими организациями. Системы объединяют данные о местоположении объектов, ресурсах, авариях, что делает возможным эффективное взаимодействие между эксплуатирующими организациями и потребителями.

ГИС содержат в себе инструменты, используемые для анализа и визуализации пространственных данных, что помогает обслуживающим инженерные сети организациям прогнозировать влияние своих действий на окружающую среду и использование ресурсов. Кроме того, ГИС позволяют оптимизировать маршруты и планировать ресурсы, что улучшает качество обслуживания.

Обсуждение

Современными авторами отмечается, «что роль ГИС в развитии городов заключается в предоставлении инструментов для анализа, планирования и мониторинга городских территорий с учётом их устойчивости» [3]. Инженерная инфраструктура создается с учетом климатических, экологических, социальных, экономических и географических особенностей территории. «Для выполнения целей пространственного планирования и управления территориями идеально подходят геоинформационные технологии, без которых невозможно принять

научно обоснованное решение по пространственному планированию территорий. Для данных целей предлагается разработка территориальных ГИС» [4]. Сейчас существует множество ГИС для управления территориями, что, несомненно, подтверждает выводы данного исследования.

В работе [5] делается акцент на использование 3d-формата визуализации данных для точного определения местоположения инженерных коммуникаций в трехмерном виде, что существенно упростит процедуры обслуживания и управления сетями инженерных коммуникаций. К сожалению, по состоянию на 2024 год 3d-кадастр объектов недвижимости в России находится на стадии формирования.

Передовой практикой и примером для тиражирования технологии является внедрение ГИС на предприятие ГУП «Мосводосток» для повышения эффективности его работы. ГИС позволяет отображать на экране монитора или распечатать схемы водосточной сети на плане города, просматривать информацию об объектах сети, такую как даты осмотра, состояние, геометрические параметры, строительные характеристики и др. [6].

Заключение

Появление ГИС-технологий качественно изменило ситуацию в территориальном планировании: кардинально оптимизировался процесс обработки пространственных данных, их обновления в режиме мониторинга [7]. Использование ГИС для оптимизации работы городской инженерной инфраструктуры позволяет улучшить эффективность функционирования систем коммуникаций. Благодаря ГИС становится возможным визуализация инженерных сетей на электронных картах, что значительно облегчает понимание их расположение и взаимосвязей, способствует принятию обоснованных и эффективных решений в планировании, управлении, строительстве и обслуживании инженерной инфраструктуры.

Кроме того, применение ГИС позволяет снизить затраты на обслуживание инженерных сетей. Контроль состояния инженерных сетей в реальном времени и своевременное реагирование на возникающие проблемы, позволяет улучшить качество услуг и снизить затраты на техническое обслуживание.

Важно отметить, что применение ГИС для оптимизации работы городской инженерной инфраструктуры требует высококвалифицированных специалистов, а также финансовые и технические ресурсы. Значительные затраты требуются на разработку и поддержку ГИС, однако данные затраты будут окупаться экономией времени, повышением эффективности использования ресурсов и снижением затрат на обслуживание инженерных коммуникаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гриценко, Ю. Б. Геоинформационные технологии мониторинга инженерных сетей : Монография / Ю. Б. Гриценко, Ю. П. Ехлаков, О. И. Жуковский. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. – 148 с. – ISBN 978-5-86889-542-5. – EDN RBBUGT.

2. Сарычев, Д. С. Современные информационные системы для инженерных сетей / Д. С. Сарычев // Вестник Томского государственного университета. – 2003. – № 280. – С. 358-361. – EDN NWFFCH.
3. Толстых, И. Е. Роль геоинформационных систем в создании устойчивых городских сред / И. Е. Толстых // Научный аспект. – 2024. – Т. 11, № 5. – С. 1389-1393. – EDN KCCFNP.
4. Красовская, О. В. Использование географических информационных систем в пространственном планировании и управлении территориями / О. В. Красовская, С. В. Скатерщиков // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2005. – № 3. – С. 127-131. – EDN RTTLRV.
5. Геоинформационное обеспечение создания 3D-кадастра / Е. И. Аврунев, Л. Н. Чилингер, Е. Ю. Пасечник, Е. Н. Зайцева // Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения : Материалы Второй национальной научно-практической конференции с Международным участием в рамках 23-ой международной конференции и выставки "Нефть и газ Сахалина 2019", Южно-Сахалинск, 24–26 сентября 2019 года / Редакторы Л.М. Богомолов, В.А. Мелкий. – Южно-Сахалинск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, 2019. – С. 57-63. – EDN JHXYMH.
6. Черниговский, Ю. М. Геоинформационные системы для инженерных сетей водоснабжения и водоотведения / Ю. М. Черниговский, Д. В. Долгополов, А. Г. Ахундов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 1. – С. 85-88. – EDN VCORPZ.
7. Морозова, Я. С. Применение геоинформационных систем при разработке стратегии развития территории / Я. С. Морозова, Н. Э. Максимов // Актуальные вопросы технических наук : Материалы III Международной научной конференции, Пермь, 20–23 апреля 2015 года. – Пермь: Зебра, 2015. – С. 147-150. – EDN TRELIZ.

© А. А. Солдатова, А. В. Дубровский, 2025