



УДК 004.9/621.644.074

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРОЕКТОВ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Кочкурова Наталия Викторовна, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Козин Арсений Евгеньевич, студент 4 курса
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Гладкова Алина Алексеевна, студент 4 курса
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. В статье рассматриваются особенности проектирования и строительства подводных переходов магистральных трубопроводов. Освещаются требования к технической документации, методы информационного обеспечения проектов (ГИС, САД/САМ/PDM, BIM, телеметрия и др.), а также специфические проблемы: сложности обследования дна, согласование с госорганами, экологические требования и нехватка квалифицированных кадров. Отмечены перспективные технологии — искусственный интеллект, платформы Big Data, дополненная реальность и виртуальная среда.

Ключевые слова: подводный переход, магистральный трубопровод, техническая документация, информационное обеспечение, системы автоматизированного проектирования (САПР)

Подводные переходы представляют собой уникальные объекты транспортной инфраструктуры, требующие особого внимания к подготовке технической документации. Решение возникающих проблем связано с развитием новых технологий, совершенствованием методик проектирования и повышением квалификации специалистов отрасли.

Проекты подводных переходов магистральных трубопроводов требуют создания сложной технической документации, охватывающей инженерные расчёты, чертежи, спецификации и отчёты о проведённых обследованиях. Такая документация служит основой для планирования, согласования и строительства объектов, обеспечивая согласованность действий всех участников проекта и соблюдение требований безопасности и качества. Информационное обеспечение этих процессов включает сбор, обработку и

систематизацию данных в цифровом виде, что способствует ускорению обмена информацией и снижению ошибок при проектировании и реализации переходов.

Актуальность темы определяется высокой степенью внедрения современных информационных систем и специализированных программных продуктов для создания технической документации проектов подводных переходов, которые являются одним из опасных элементов магистральных трубопроводов, поскольку аварии на таких участках и попадание нефтепродуктов в водные объекты наносят значительный экологический вред [1, 2, 3].

Проектирование подводных переходов регулируется рядом нормативных документов, среди которых СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы», требования к составу разделов проектной документации и требования к ее содержанию определены Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. от 21.10.2025) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

Методы информационного обеспечения проектов магистральных трубопроводов включают целый ряд специфичных подходов и технологий, учитывающих особенности проектирования, строительства и эксплуатации трубопроводных систем.

Геодезическое сопровождение является одним из важнейших этапов любого проекта. Оно позволяет точно определить положение трассы, учесть рельеф местности, наличие водных преград, населенные пункты и прочие факторы. Современные геодезические методы включают использование спутниковых навигационных систем (GPS/GNSS), лазерных сканеров и дронометрических съемок.

Базы данных инженерно-геологических исследований позволяют производить сбор и обработку данных геологического обследования территории, оценку устойчивости грунтов, выявление зон повышенной опасности (оползней, карстовых явлений и т.п.).

Актуальные данные о состоянии земной поверхности, изменениях ландшафта и выявленных повреждениях трубопроводного покрытия поступают посредством технологий дистанционного зондирования Земли. Выполняются такие исследования на основе анализа спутниковых снимков, аэрофотосъемок, данных беспилотников (дронов) при регулярном осмотре трасс трубопроводов и раннего обнаружения дефектов.

ГИС-технологии (географические информационные системы) используются для интеграции пространственных данных и формирования единой информационной модели объекта. Они необходимы для поддержки разработки маршрутов прохождения трубопроводов, учета природных условий, ландшафтных особенностей, социально-экономической обстановки территорий. Это позволяет эффективно управлять проектом, отслеживать изменения, оценивать воздействие на окружающую среду и планировать мероприятия по охране природы. Примером ГИС-приложений являются Геоинформационная платформа «Атлас», ZuluGIS и Аксиома.ГИС.

Компьютерное проектирование и моделирование широко применяются в проектировании трубопроводов. Автоматизированные системы проектирования и программы наподобие NanoCAD, Revit помогают создавать трехмерные модели трасс, рассчитывать оптимальные маршруты прокладки, обеспечивать совместимость оборудования и конструкций. Применяются для проектирования линейной части трубопровода, расчета прочности конструкции, выбора материалов и комплектующих.

Подобные системы используют российские компании, обслуживающие подводные переходы, например, АО «Транснефть-Подводсервис». Возможности программного комплекса NanoCad в компании используются в том числе для выполнения специфических задач, таких как построение продольного профиля по тальвегу реки, эпюр и планов-чертежей скоростей и направлений течения. Специально разработанные макросы позволяют в автоматическом режиме выполнять обработку выполненных измерений и выстраивать необходимые чертежи. В ручном режиме можно дорабатывать проекты. План-чертеж скоростей и направлений течения можно построить в несколько этапов путем выгрузки из книги скоростей векторов, показывающих направление течения на каждой промерной вертикали, и подгрузки их на топографический план. Дополнительно можно

наносить места отбора проб грунта, как для визуального анализа (в период проведения обследования), так и для лабораторного анализа. NanoCad предоставляет все необходимые инструменты для подобных построений в полном объеме.

ВМ-технологии (Building Information Modeling) применяют при информационном моделировании сооружений. ВМ-модели обеспечивают полное представление о проекте на всех этапах жизненного цикла, включая строительство, эксплуатацию и демонтаж. Такие решения помогают избежать ошибок и снизить затраты благодаря точной координации действий всех участников проекта.

Мониторинг состояния трубопровода предусматривает установку автоматизированных систем диагностики состояния трубы. Используются специальные датчики давления, температуры, вибрации, коррозии и утечек газа или жидкости. Данные передаются на серверы диспетчерских центров в режиме реального времени, позволяя оперативно реагировать на любые отклонения от нормы.

Обеспечение информационной безопасности в проектах магистральных трубопроводов связано с конфиденциальностью информации, особое внимание уделяется вопросам защиты данных. Применяются меры по шифрованию, ограничению доступа, резервному копированию и восстановлению данных. Важна также защита инфраструктуры от кибератак и несанкционированного вмешательства.

Системы телеметрии и мониторинга технического состояния имеют своим назначением контроль текущего состояния трубопровода, предупреждение возможных аварий и нарушений режима эксплуатации. Для этого используют датчики давления, температуры, влажности, уровня износа металла, волоконно-оптические линии мониторинга, интегрированные в единую систему SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Производство технической документации подводного перехода требует тщательной проработки множества деталей и предполагает преодоление ряда проблем и вызовов.

Топографическое обследование дна затруднено из-за наличия водной толщи, плохой видимости и сложных физико-химических условий. Требуется специальное оборудование (гидролокаторы бокового обзора, эхолоты и др.), которое способно точно зафиксировать дно водоемов. Грунт дна часто неоднороден, встречаются пески, глина, скалистый грунт, залежи торфа и органических отложений, каждый тип которого требует особого подхода к строительству перехода. Исследование донных отложений зачастую усложняется наличием агрессивных сред, высоким уровнем шума и вибраций, создаваемых морскими течениями и волнами.

Процесс согласования проектов с государственными органами (Росморречфлотом, Министерством обороны, МЧС, ФСБ и прочими) занимает много времени и сил, так как необходимо учитывать требования различных ведомств и нормативных актов. Ограниченность опыта производства аналогичной документации, нехватка собственного опыта и примеров аналогичных проектов, а также недостаточная база методических пособий и руководящих документов существенно затрудняет подготовку качественной технической документации.

К экологической безопасности предъявляются повышенные требования, поскольку сооружение подводных переходов существенно воздействует на водные экосистемы и прилегающие территории необходимо проведение специальных мероприятий по защите окружающей среды, таких как биологический мониторинг, создание компенсационных фондов и выполнение природоохранных требований.

Необходимы точные расчеты конструктивных решений. Конструкция подводных переходов должна выдерживать высокие нагрузки от воды, льда, волн, транспортных нагрузок и прочих воздействий. Разработка надежной конструкции требует высококлассных расчетов и привлечения опытных инженеров-конструкторов. Нехватка квалифицированных кадров в виде специалистов, обладающих необходимым набором компетенций для проектирования подводных переходов может сказываться на увеличении срока подготовки документации и росте стоимости проекта.

Развитие технологий информационного обеспечения проектов магистральных трубопроводов движется в сторону повышения эффективности, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла. Применение ИИ и ML позволит автоматизировать принятие решений, улучшив диагностику и прогнозирование неисправностей трубопроводов. Например, алгоритмы глубокого обучения смогут обрабатывать большие объемы данных датчиков, выявляя аномалии в работе оборудования задолго до возникновения серьезных сбоев. Создание виртуальной копии реальной трубопроводной системы («цифрового двойника») станет важным инструментом для тестирования новых схем эксплуатации и профилактического обслуживания. Эта технология даст возможность проверять сценарии чрезвычайных ситуаций и оптимизировать работу магистрали, не подвергая риску реальную инфраструктуру. Рост объема данных, поступающих от датчиков и систем мониторинга, потребует внедрения эффективных платформ Big Data. Благодаря специальным алгоритмам обработки больших массивов данных операторы получают новые возможности для оптимизации логистических цепочек, снижения эксплуатационных расходов и предупреждения аварийных ситуаций. Дополненная реальность и виртуальная среда позволят инженерам быстро находить неисправности, удаленно осматривать состояние отдельных участков трубопровода и устранять проблемы даже без физического присутствия на месте. Особенно полезно это будет для труднодоступных мест и регионов с экстремальным климатом.

Заключение

Информационное обеспечение процессов производства технической документации проектов подводных переходов магистральных трубопроводов – это не просто набор инструментов, а стратегически важный элемент, определяющий успех и безопасность всей деятельности. Комплексное применение перечисленных методов обеспечивает качественное информационное обеспечение проектов магистральных трубопроводов, способствует снижению риска аварий, повышению надежности транспортировки ресурсов и эффективному управлению всеми этапами жизненного цикла объектов трубопроводного транспорта. Перспективные технологии информационного обеспечения позволяют создать высокоинтегрированную цифровую среду, поддерживающую весь цикл проектирования, строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов. Их развитие сделает отрасль более устойчивой, безопасной и эффективной, способствуя сокращению издержек и улучшению конечных результатов.

Список литературы:

1. Герасимов, С.С. Обзор и анализ способов оценки влияния условий эксплуатации подводных переходов магистральных трубопроводов на безопасность судоходства / С. С. Герасимов, А. Н. Ситнов // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. – № 79. – С. 209-218. – DOI 10.37890/jwt.v79.495. – EDN USQLQG.
2. Кочкурова, Н. В. Экологические аспекты проектирования и эксплуатации трасс газопроводов, в том числе при пересечении водных объектов / Н. В. Кочкурова, А. М. Фадеев, А. К. Уткина // Проблемы экологии Волжского бассейна : Труды 9-й всероссийской научной конференции, Нижний Новгород, 03–04 декабря 2024 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2024. – С. 44. – EDN KRGPZD.
3. Сайфутдинов, А. И. Моделирование технического состояния подводного перехода нефтепровода и прогнозирование его остаточного ресурса: специальность 25.00.19 «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сайфутдинов Аскар Ильдарович, 2022. – 149 с. – EDN WDSTBC.

INFORMATION SUPPORT FOR THE PRODUCTION OF TECHNICAL DOCUMENTATION FOR PROJECTS OF UNDERWATER CROSSINGS OF MAIN PIPELINES

Nataliya V. Kochkurova, Arseniy E. Kozin, Alina A. Gladkova

Abstract. The article discusses the features of the design and construction of underwater crossings of main pipelines. The requirements for technical documentation, methods of project information support (GIS, CAD/CAM/PDM, BIM, telemetry, etc.), as well as specific problems are highlighted: difficulties in bottom survey, coordination with government agencies, environmental requirements and lack of qualified personnel. Promising technologies such as artificial intelligence, Big Data platforms, augmented reality and virtual environment are highlighted.

Keywords: underwater passage, main pipeline, technical documentation, information support, computer-aided design (CAD) systems