

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

АВТОРЫ:

О.А. САВОТИН,
ФИЛИАЛ «НТЦ РОССЕТИ
ФСК ЕЭС» — СИБНИИЭ

А.М. ПОТАПЕНКО,
«НТЦ РОССЕТИ ФСК ЕЭС»

На этапе проектирования линий электропередачи производится важнейшая часть изысканий — уточнение геодезии, геология,

гидрология и др. Современные программные инструменты позволяют эффективно реализовывать одностадийное проектирование этого этапа.

Ключевые слова: цифровое проектирование; проектно-изыскательские работы; проектная документация; информационная модель; среда общих данных; опоры воздушных линий индивидуальной разработки.



Технология цифрового проектирования существенно ускоряет процесс проектирования линий электропередачи

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время имеющиеся в распоряжении проектировщиков инструменты для подготовки проектной и рабочей документации обладают рядом недостатков:

- не обеспечивают выполнение всего комплекса работ;
- показывают слабое взаимодействие между разделами, а во многих случаях и полное его отсутствие;
- не обеспечивают необходимый уровень автоматизации и оптимизации разрабатываемых решений.

Сегодня проектирование в основном выполняется методами, разработанными несколько десятилетий назад. Структура и содержание проектной документации, требования к которой зафиксированы нормативными актами, также являются неизменными многие годы. Инструменты, применяемые для подготовки проектной документации, находятся в архаичном состоянии и представляют собой подобие электронных кульманов и несколько автоматизированных калькуляторов.

Появившиеся в начале 2000-х гг. немногочисленные системы автоматизированного проектирования воздушных линий (ВЛ), а также расчетные программы хотя и внесли определенную автоматизацию, к сожалению, не обеспечивают свое дальнейшее качественное развитие и повышение производительности труда проектировщиков.

Кроме того, в существующей структуре проектирования разработка индивидуальных или новых решений в части опор и/или фундаментов не предусмотрена. При подготовке основных технических решений (ОТР) выполняется сравнение вариантов существующих

конструкций: выбирается наиболее подходящее, но далеко не всегда оптимальное решение. В ряде случаев и вовсе отсутствует возможность применения существующих конструкций. Разработка же новых решений, как правило, либо выполняется в рамках НИОКР, либо уже готовое решение предлагается заказчику для применения. При этом необходимо проводить оценку, насколько данное решение эффективно для конкретного объекта.

В последнее время при реализации проектов все чаще проявляются следующие тенденции, основанные на требованиях заказчика и необходимости ускорения запуска строительства:

- разработку технической части курсовой документации требуется выполнять сразу после разработки ОТР (и до выполнения проекта), а сам раздел ОТР по уровню проработки уже больше похож на проектную документацию;
- стадия подготовки проектной документации расширяется из-за включения в нее отдельных разделов и частей рабочей документации.

Предлагаемая технология цифрового проектирования обеспечивает выполнение требований по ускорению процесса реализации линейных объектов электроэнергетики.

О ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ЧТО ТАКОЕ ТЕХНОЛОГИЯ И ПОЧЕМУ ЦИФРОВАЯ?

Технология проектирования является совокупностью организационных мероприятий и инструментов для достижения желаемого результата.

При этом технология цифрового проектирования предполагает применение цифровых методов, прежде всего технологии информационного моделирования [1, 2], для автоматизации и оптимизации инструментов и организации работы в целом.

Современное состояние технологии информационного моделирования позволяет создавать соответствующую модель любого объекта, которая дает возможность структурированно-го хранения, пополнения и поддержания в актуальном состоянии, а также использования как трехмерных (координатных), так и геометрических схематических и семантических данных об объекте, причем эта информация доступна для автоматизированного поиска и анализа [3]. Аэрофотосъемка и лазерное сканирование также позволяют получить достаточно достоверную картину об объекте недвижимости и передать более полную информацию о нем в создающуюся модель, которая в результате может стать источником исчерпывающей, надежной и согласованной информации для решения проектно-строительных и эксплуатационных задач [4, 5].

Информационное моделирование — это процесс, результаты каждого этапа которого, т. е. информационные модели объекта недвижимости, сильно отличаются друг от друга в зависимости от стадии жизненного цикла объекта и тех требований, которые предъявляются к моделированию при решении возникающих задач [6]. Информационная модель — это каждый раз завершающий результат некоторого этапа процесса моделирования. Поэтому информационная модель — объект весьма переменчивый [7]. И все же наработанный опыт использования технологии информационного моделирования позволяет говорить о некоторых общих закономерностях ее применения в проектировании и строительстве [8, 9].

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ

Организационные мероприятия включают разработку требований к:

- среде общих данных для разработки, рассмотрения и согласования технических решений (сейчас в «Россети ФСК ЕЭС» имеется множество программно-технических комплексов (ПТК), не связанных или частично связанных между собой);
 - организационной структуре выполнения проектных (и изыскательских) работ;
 - материалам инженерных изысканий для возможности использования при цифровом проектировании, поскольку данные должны предоставляться в цифровом виде (сейчас в электронном);
 - инструментам для разработки основных технических решений, проектной и рабочей документации на строительство ВЛ электропередачи, главное требование — возможность передачи и обмена информацией на каждом этапе жизненного цикла объекта (ВЛ) от принятия решения о запуске проекта до реализации (строительства).
- Создание инструментов включает:
- адаптацию систем управления жизненным циклом с учетом специфики деятельности «Россети ФСК ЕЭС»;
 - создание специального программного обеспечения (модулей) системы проектирования ВЛ с возможностью передачи информации между отдельными модулями:

- для разработки ОТР, включая разработку индивидуальных конструкций опор ВЛ,
- для подготовки монтажной (линейной) и строительной части проектной и рабочей документации, включая систематический расчет проводов, грозотросов, оптических кабелей всех типов и монтажных стрел провеса, расчет грозоупорности ВЛ и заземляющих устройств опор;
- разработку новой системы подготовки конструкторской документации на опоры ВЛ на основе цифровой модели.

КЛЮЧЕВЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. СРЕДА ОБЩИХ ДАННЫХ

Сокращение сроков организационных мероприятий, в том числе согласование разработанных проектных решений, обеспечивается путем применения системы управления жизненным циклом — средой общих данных. Она позволяет более четко регулировать все процедуры и перейти от рассмотрения и согласования подготовленной документации как таковой к согласованию проектных решений (переход от «вычитки» многостраничной документации к фактическому рассмотрению решений). В части организационных мероприятий применение цифровых технологий реализуется именно таким образом.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЛ

Проектную документацию необходимо разрабатывать с использованием комплекса систем на базе информационной модели объекта, которая пред-

ставляет собой не только совокупность данных о геометрических параметрах элементов (частей) ее составляющих, но и информацию о количественных и качественных показателях. Таким образом, информационная модель является единым и единственным источником информации для всех участников инвестиционно-строительного проекта на всех стадиях его жизненного цикла.

В части технологий проектирования рассматривается часть жизненного цикла объекта (ВЛ) от инициализации проекта до передачи проекта для строительства.

Прикладными задачами технологии цифрового проектирования ВЛ являются разработка программного обеспечения для подготовки разделов проектной документации и создания информационной модели как комплекса инженерных расчетов, конструктивных и технических решений и их визуальное представление (конструкторская документация).

Технология информационного моделирования гражданских и промышленных зданий и сооружений развивается и используется довольно активно. Электроэнергетика в этом плане не является передовой отраслью, а в части электросетевого линейного строительства данная технология пока не применяется вовсе. Таким образом, требуется адаптация существующих, а при необходимости разработка новых комплексов для подготовки документации на базе информационной модели.

При этом следует акцентировать внимание на следующих условиях:

1. Создание информационной модели необходимо начинать с изысканий. Но поскольку результаты геодезических изысканий уже достаточно давно представляются в виде 3D-поверхности, то задача состоит в максимально эффективном использовании этих данных при последующем проекти-

ровании. Результаты геологических изысканий также необходимо представлять в виде цифровых профилей, а климатические и другие данные должны содержаться в модели.

2. Необходимо повышать взаимодействие систем, осуществлять передачу необходимых данных между системами CAE/CAD/CAM (расчеты/разработка конструкторской и технологической документации).

3. Следует повышать автоматизацию работы систем.

В части программных комплексов для разработки ОТР ситуация обстоит иначе: автоматизированных комплексов для разработки ОТР не существует и их создание является первоочередной задачей.

РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Одним из важных разделов проектной документации в структуре проектирования «Россети ФСК ЕЭС» является разработка ОТР. Именно в процессе подготовки ОТР формируется облик будущей ВЛ: в рамках данного раздела выполняется выбор трассы ВЛ, основных решений по опорам, фундаментам, проводу, грозотросу, изоляции и другим элементам. Выбор осуществляется на основе технико-экономического сравнения вариантов.

В системе технологии цифрового проектирования разработка ОТР должна состоять из нескольких частей.

ЧАСТЬ 1. ФОРМИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ТРАССЫ

Варианты назначаются по критерию минимальной длины и с учетом:

- климатических характеристик района;
- рельефа и наличия крупных преград;
- кадастрового признака и ограничений охранных зон.

Для каждого варианта рассматриваются и принимаются оптимальные варианты опор, фундаментов, проводов, изоляции, других элементов и оборудования. Рассматриваются следующие критерии:

- минимальная стоимость строительства;
- минимальные сроки строительства;
- минимальное воздействие на окружающую среду;
- индивидуальные условия.

Рассматриваемые основные решения берутся из соответствующих баз конструкций, изделий и материалов, которые должны постоянно актуализироваться.

ЧАСТЬ 2. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

Для принятого по выбранным критериям основного варианта трассы выполняются предварительные инженерные изыскания: геодезические (методом лазерного сканирования, фотограмметрии и других современных способов, обеспечивающих высокую скорость съемки и обработки результатов), климатические и иные, необходимые для обоснования оси трассы. Поскольку для принятого варианта трассы также выбраны наиболее эффективные из имеющихся (созданных ранее) типы опор и фундаментов, то запускается процесс оценки оптимальности данных решений и разработки индивидуальных конструкций. Опыт проектирования ВЛ и опор показывает, что разработка индивидуальных конструкций, как правило, обеспечивает снижение стоимости строительства на десятки и сотни миллионов рублей на каждом объекте за счет учета фактических условий строительства.

ЧАСТЬ 3. НАЗНАЧЕНИЕ ОСИ ТРАССЫ ВЛ И ВЫБОР ОТР

После проведения инженерных изысканий:

- уточняются и фиксируются углы поворота трассы ВЛ;

- прорабатываются пересечения через искусственные сооружения и естественные преграды;
- окончательно определяется оптимальное сочетание провод + опора (как правило, индивидуальное решение) + фундамент (в том числе индивидуальное решение);
- выполняется автоматическая расстановка промежуточных опор (финальная расстановка выполняется при разработке ПД);
- производится полный и достаточный точный расчет технико-экономических показателей (разница не более 10% в связи с уточнением решений по фундаментам после выполнения геологических изысканий);
- определяются предварительные показатели грозоупорности ВЛ (окончательные показатели определяются на стадии подготовки проектной документации на основании данных геологии/геофизики).

По результатам подготовки ОТР выполняется детальная планировка территории При этом объем ОТР достаточен для формирования технической части конкурсной документации.

Для основного варианта трассы выбирается конструкция опоры с учетом фактических условий принятой трассы ВЛ. Разработка индивидуального решения выполняется совместно и параллельно подготовке ОТР.

Индивидуальное решение выбирается на основе оптимизации конструкций с учетом концепции формообразования, созданной филиалом «НТЦ Россети ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ. Концепция формообразования — это свод правил и принципов, реализация которых позволяет осуществить переход от фактических условий объекта строительства к оптимальной строительной конструкции по необходимому критерию (минимальная стоимость, сроки и т.п.). При этом сама оптимизация выполняется на основе

методик, алгоритмов и расчетных инструментов и заключается в определении конструктивной формы и параметров геометрической схемы, выборе типов и сечений элементов, параметров узловых соединений.

По результатам производится оценка новой конструкции опоры по основным показателям и принимается решение о дальнейшей ее разработке. Потом готовят конструкторскую документацию и проводят комплексные испытания. Причем все процедуры укладываются в срок выполнения первого этапа, т.е. до формирования задания на проектирование.

По завершении этапа формируется задание на проектирование, содержащее как ОТР, так и информацию о трассе и коридоре ВЛ. Данная информация содержится в цифровом виде в первичной версии информационной модели ВЛ.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

На этапе проектирования выполняется оставшаяся часть изысканий: уточнение геодезии, геология, гидрология и др.

Разработка проектной документации выполняется в полном объеме вместе с рабочей документацией. Применение современных программных инструментов позволяет эффективно реализовывать одностадийное проектирование.

Поскольку документация готовится с использованием технологий информационного моделирования, то информационная модель содержит все данные об объекте, т.е. все решения двух стадий.

При проектировании с использованием имеющихся программных комплексов, модернизированных для работы с информационной моделью, а также специальных комплексов выполняется:

- подготовка монтажной части ВЛ с уточнением расстановки опор, возможностью расчета проводов, грозотросов, оптических кабелей всех типов;
- разработка строительной части ВЛ с автоматизированной проверкой опор, расчетом нагрузок на фундаменты, оснований и выбором фундаментов;
- подготовка решений по грозоупорности и прочих решений.

Программные комплексы должны обеспечивать максимальную оптимизацию решений и автоматизацию работы проектировщиков. Так, например, расчет оснований и выбор фундаментов должен обеспечивать:

- получение исходных данных из общей информационной модели;
- оптимальное соотношение между детализацией и унификацией конструкций;
- автоматизацию расчетов и подготовки установочных схем.

Подготовка конструкторской документации должна осуществляться на основе новой системы, позволяющей передавать необходимую информацию из расчетных комплексов (CAE-систем) в системы подготовки производства (CAM-системы), таким образом обеспечивая ускоренный запуск конструкций в производство на заводах-изготовителях.

ЭФФЕКТ И ПЕРСПЕКТИВА

Технология цифрового проектирования ВЛ электропередачи позволяет обеспечить:

- создание условий для работы с объектом в системах управления жизненным циклом;

- ускорение перехода на проектирование с использованием информационной модели объекта;
- оптимальный выбор трассы ВЛ и основных технических решений, в том числе с разработкой индивидуальных эффективных решений;
- снижение стоимости и сроков проектирования и строительства объектов, ускорение процесса запуска строительства новых объектов;
- повышение надежности эксплуатации вводимых объектов, переход на проактивную эксплуатацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook. Second ed. NJ: Wiley, 2011.
2. Талалов В.В. Технология BIM: суть и основы внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК-пресс, 2015.
3. Талалов В.В. Об общей схеме информационной модели объекта строительства//Известия высших учебных заведений//Строительство. 2017. № 1 (689). С. 91–97.
4. Song Y., Bogdahn J., Hamilton A., Wang H. Integrating BIM with Urban Spatial Applications: A VEPS Perspective. In: Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. N. J.: Hershey, 2010. P. 363–381.
5. Wang H., Hamilton A. BIM Integrating with Geospatial Information within the Urban Built Environment. In: Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. N.J.: Hershey, 2010. P. 382–404.
6. Талалов В.В. О некоторых принципах, лежащих в основе BIM//Известия высших учебных заведений//Строительство. 2016. № 4 (688). С. 108–114.
7. Jernigan F. BIG BIM little bim. 2nd ed. Salisbury: 4 Site Press, 2008.
8. Hardin B. BIM and Construction Management. N.J.: Sybex, Wiley, 2009.
9. Krygiel E., Niec B. Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. N.J.: Wiley, 2008.

НОЯБРЬ 2022



XII

Открытый шахматный турнир энергетиков памяти М.М. Ботвинника



2022

ШАХМАТНЫЙ ТУРНИР ЭНЕРГЕТИКОВ

Приглашаем команды энергетиков поддержать нашу добрую традицию и принять участие в ежегодном открытом шахматном турнире!

Состоится личное и командное первенство по правилам ФИДЕ для быстрых шахмат.

НАБИРАЙТЕ ЧЕТЫРЕХ ИГРОКОВ И РЕГИСТРИРУЙТЕ КОМАНДУ НА САЙТЕ ТУРНИРА WWW.TURNIR.NTC-POWER.RU

