

УТВЕРЖДЕН  
Решением Совета директоров  
от 24.09.12  
(Протокол № 4 от 27.09.12)

**СТАНДАРТ**  
**проектирования воздушных линий**  
**электропередач 110 кВ и выше с применением системы**  
**автоматизированного проектирования (САПР)**  
**ОАО «Янтарьэнерго»**

## Содержание

1.	Область применения.....	5
2.	Нормативные ссылки.....	6
3.	Термины и определения.....	6
4.	Обозначения и сокращения.....	6
5.	Основные положения.....	8
5.1.	Общие требования.....	8
5.2.	Модель местности.....	9
5.3.	Трасса и продольный профиль ВЛ.....	10
5.4.	Климатические условия.....	11
5.5.	Модели опор и их расстановка на профиле ВЛ.....	12
5.6.	Физико-механические параметры и расчетные модели фазных проводов, ГТ и ОК.....	13
5.7.	Кривые провисания, расчеты стрел провеса и тяжений фазных проводов, ГТ и ОК.....	14
5.8.	Инженерные расчеты.....	15
5.9.	Отчетные материалы.....	17
Приложение А	Перечень нормативно-технической документации	20
Приложение Б	Формат пополняемого перечня расчетных климатических условий	23
Приложение В	Формат создаваемых отчетных материалов	24

## 1. Область применения

1.1. Настоящий Стандарт проектирования воздушных линий электропередач ОАО «Янтарьэнерго» 110 кВ и выше с применением системы автоматизированного проектирования (САПР) (далее Стандарт) является внутренним документом ОАО «Янтарьэнерго» (далее Общество) и предназначен для структурных подразделений Общества, участвующих в процессе создания и эксплуатации воздушных линий электропередач 110 кВ и выше с применением САПР, и может быть рекомендован для применения проектными организациями, выполняющими на договорной основе проекты строительства новых воздушных линий электропередач (ВЛ), реконструкции и модернизации действующих ВЛ и подвески оптических кабелей на ВЛ, находящихся на балансе Общества.

1.2. Стандарт содержит требования к программно-техническому комплексу системы автоматизированного проектирования воздушных линий электропередач (далее ПТК САПР-ВЛ) 110 кВ и выше для выполнения проектов строительства, реконструкции, модернизации ВЛ и подвески оптических кабелей на электросетевых объектах Общества, а также контроля состояния ВЛ по данным диагностики.

1.3. Настоящий Стандарт определяет требования к функциональным возможностям ПТК САПР-ВЛ, позволяющим повысить качество проектирования, полноту представления в проекте геопространственных данных и результатов инженерных расчетов, а также устанавливает требования к представлению данных проекта в электронной форме.

Указанный Формат представления данных обязателен для использования структурными подразделениями Общества и рекомендуется как требование договора на выполнение проектно-изыскательских работ для проектных организаций.

Формат электронного представления данных проекта необходим в следующих целях:

1.3.1. Ведение фонда проектной и исполнительной документации объектов распределительного электросетевого комплекса в электронной форме представления данных в форматах ассоциативных с общеприменимыми системами автоматизированного проектирования.

1.3.2. Осуществление функций контроля качества представляемой проектными организациями проектно-сметной документации в отношении:

электронной формы представления данных;

комплектности состава представления проектной документации;

полноты представления данных и возможности обращения материалов проекта в электронной форме представления ПТК САПР-ВЛ.

1.3.3. Использования данных систем диагностики и мониторинга технического состояния с использованием соответствующих информационно-измерительных и аналитических систем передачи и обработки данных прямого измерения технических параметров объектов распределительного электросетевого комплекса (ПС и ВЛ).

1.3.4. Возможности представления и выдачи исходных данных в составе технических заданий на проектирование, выполнение строительно-монтажных и ремонтных работ в электронной форме представления данных.

1.3.5. Ведения исполнительной документации по объектам распределительного электросетевого комплекса Общества в электронной форме представления данных.

## 2. Нормативные ссылки

ПТК САПР должен позволять разрабатывать проектную документацию и проводить расчеты в соответствии с нормативно-технической документацией (НТД), приведенной в Приложении А к настоящему Стандарту.

## 3. Термины и определения

В настоящем Стандарте документе использованы следующие термины и определения:

**вытяжка** - удлинение фазных проводов, грозотроса (ГТ) и оптического кабеля (ОК) в течение срока эксплуатации за счет их пластической деформации, возникающей под воздействием внешних растягивающих нагрузок;

**векторная графика** - способ представления объектов и изображений в компьютерной графике, основанный на использовании элементарных геометрических объектов, описанных математическими формулами;

**геореференцированные данные** - данные инженерных изысканий имеющие привязку к определенной системе координат;

**лазерное сканирование** - технология получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах;

**модель рельефа земной поверхности** - трехмерная геометрическая модель поверхности земли в виде нерегулярной триангуляционной сети;

**модель местности** - модель рельефа земной поверхности, дополненная трехмерным отображением наземных объектов;

**модель ВЛ** - параметрическая модель конструкции ВЛ с привязкой к трехмерной модели местности;

**продольный профиль ВЛ (профиль ВЛ)** - вертикальный разрез трехмерной модели местности по трассе ВЛ, развернутый на плоскость;

**растровая графика** - область компьютерной графики в которой изображение генерируется из массива пикселей, упорядоченных по строкам и столбцам;

**система автоматизации проектных работ / система автоматизированного проектирования (САПР)** - автоматизированная система, представляющая собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

**трасса ВЛ** - ломаная линия проведенная в горизонтальной плоскости по трехмерной модели местности и соединяющая начало и конец ВЛ;

**трехмерная модель** - геометрическая модель материального мира, которая имеет три однородных измерения – высоту, ширину и длину;

**цепная линия** - линия, форму которой принимает гибкая однородная нерастяжимая тяжелая нить или цепь (отсюда название) с закрепленными концами в однородном гравитационном поле.

## 4. Обозначения и сокращения

В настоящем документе применены следующие обозначения и сокращения:

**ВЛ** - воздушная линия электропередачи;

- ВОЛС** - волоконно-оптическая линия связи;
- ГТ** - грозозащитный трос;
- Общество** - ОАО "Янтарьэнерго"
- ДСП** - для служебного пользования;
- НТД** - нормативно-техническая документация;
- ОК** - оптический кабель вне зависимости от его типа, подвешиваемый на ВЛ и являющийся ее элементом;
- ОКГТ** - оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос;
- ОКСН** - оптический кабель, самонесущий неметаллический;
- ОКНН** - оптический кабель неметаллический, прикрепляемый или навиваемый на грозозащитный трос или фазный провод;
- ОКФП** - оптический кабель, встроенный в фазный провод;
- ОС** - операционная система;
- ПО** - программное обеспечение;
- ПТК САПР** - программно-технический комплекс системы автоматизированного проектирования;
- ПУЭ** - правила устройства электроустановок;
- СМР** - строительно-монтажные работы;
- ASCII** - (англ.) American standard code for information interchange; стандартная кодировочная таблица для печатных символов и некоторых специальных кодов;
- BMP** - (англ.) bitmap picture; формат хранения растровых изображений;
- DXF** - (англ.) drawing exchange format; универсальный формат для обмена векторной графической информацией между приложениями САПР;
- GAP** - (англ.) зазор; просвет GAP - провода - высокотемпературные провода у которых внешние алюминиевые повивы при определенных температурах имеют воздушный зазор с сердечником и не взаимодействуют с ним как в едином биметаллическом проводе.
- JP2 / JPEG2000** - (англ.) joint photographic experts group format; распространенный формат хранения растровых изображений;
- ECW** - (англ.) enhanced compression wavelet; формат растровых изображений, оптимизированный для хранения аэрофотоснимков и космических снимков;
- KML / KMZ** - (англ.) keyhole markup language; язык разметки на основе XML для представления трехмерных геопространственных данных в программе «Google Планета Земля»;
- RTF** - (англ.) rich text format; расширенный текстовый формат;
- TIF** - (англ.) tagged image format; формат хранения растровых графических изображений, использующий алгоритм сжатия без потери качества;
- ТХТ** - (англ.) text file; текстовый формат;
- XML** - (англ.) extensible markup language; текстовый формат, предназначенный для хранения структурированных данных;
- XYZ** - (англ.) текстовый формат хранения координат геодезических изысканий.

## 5. Основные положения

### 5.1. Общие требования

#### 5.1.1. Технические требования:

5.1.1.1. ПТК САПР-ВЛ должен работать на компьютере под управлением 32-х и 64-разрядной ОС Windows XP, Windows Vista, Windows 7.

5.1.1.2. ПТК САПР-ВЛ должен на гарантийной основе обеспечиваться обновлениями программ и модулей необходимых для выполнения целевых задач.

5.1.1.3. Разработчик ПТК САПР-ВЛ должен на гарантийной основе осуществлять обучение специалистов работе с комплексом, обеспечивать их необходимым объемом методической информации о комплексе.

5.1.1.4. ПТК САПР-ВЛ должен поддерживать как входные и выходные форматы электронного представления данных, позволяющие обеспечивать двухстороннюю совместимость с ПО традиционно используемым в структурных подразделениях распределительной сетевой компании и проектных организациях:

- офисная платформа Microsoft Office: Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Access;

- геоинформационные системы: MapInfo, Global Mapper, Google Earth;  
графические многофункциональные системы автоматизированного проектирования Autodesk AutoCAD, Bentley Microstation;

- системы управления внутренними процессами предприятия - 1С.

#### 5.1.2. Функциональные требования:

5.1.2.1. ПТК САПР-ВЛ должен позволять сохранять проектную документацию и все расчеты, выполненные при ее подготовке в электронной форме представления данных в форматах, используемых общепринятыми системами автоматизации проектных работ и геоинформационными системами для ведения архивного и текущего фонда проектной и исполнительной документации линейных объектов распределительного электросетевого комплекса.

5.1.2.2. ПТК САПР-ВЛ должен позволять осуществление функций контроля качества проектно-сметной документации в отношении комплектности состава представления проектной документации, полноты представления данных и всех проведенных расчетов на этапе проектирования, а также возможности редактирования и проведения новых расчетов на этапе внесения изменений по исполнительной документации по результатам СМР, реконструкции и ремонтных работ.

5.1.2.3. ПТК САПР-ВЛ должен позволять использовать данные программ диагностики и мониторинга технического состояния с использованием соответствующих информационно-измерительных и аналитических систем передачи и обработки данных прямого измерения технических параметров объектов распределительного электросетевого комплекса в рамках формируемых информационных систем.

5.1.2.4. ПТК САПР-ВЛ должен обеспечивать возможность представления и выдачи исходных данных в составе технических заданий на проектирование, выполнение строительно-монтажных и ремонтных работ в электронной форме представления данных ПТК САПР-ВЛ.

5.1.2.5. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать исполнительную документацию на линейные объекты распределительного электросетевого комплекса в целях их паспортизации в электронной форме представления данных:

5.1.2.5.1. Осуществлять паспортизацию вновь построенных линейных объектов;

5.1.2.5.2. Создавать модели действующих ВЛ с целью уточнения паспортных данных по длинам пролетов и типам опор для проведения плановых и аварийных ремонтов, расчетов пропускной способности и технического аудита ВЛ;

5.1.2.5.3. Вносить изменения в модели действующих ВЛ, которые возникают после плановых и аварийных ремонтов, реконструкций и других модификаций ВЛ.

5.1.2.6. Для проектных институтов ПТК САПР-ВЛ должен обеспечивать: сокращение трудоемкости и сроков проектирования ВЛ; повышение качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;

автоматизацию оформления документации;

использование технологий параллельного проектирования;

унификацию проектных решений и процессов проектирования, повторное использование проектных решений, данных и наработок;

замену натурных испытаний и макетирования элементов конструкции ВЛ математическим моделированием;

применение методов вариантного проектирования и оптимизации модели ВЛ;

сохранение модели ВЛ в электронной форме представления данных ПТК САПР.

## **5.2. Модель местности.**

5.2.1. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать полную модель ВЛ с привязкой к трехмерной геореференцированной цифровой модели местности для обеспечения детального учета географических особенностей рельефа земной поверхности в создаваемой модели ВЛ и обеспечения соблюдения нормируемых расстояний в пространстве между элементами ВЛ и до различных наземных объектов в полосе ВЛ при выполнении проектов строительства новых ВЛ, реконструкции действующих ВЛ, подвески оптических кабелей на опоры ВЛ.

5.2.2. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать трехмерную модель рельефа земной поверхности на основании данных инженерно-геодезических изысканий заданной полосы местности, в том числе представленных в текстовых ASCII форматах электронного представления данных (txt, xyz).

5.2.3. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать трехмерную модель наземных объектов для обеспечения исчерпывающей информации о наличии, расположении и конфигурации различных наземных препятствий, находящихся в полосе ВЛ.

5.2.4. ПТК САПР-ВЛ должен позволять использовать данные лазерного сканирования местности для создания трехмерной модели рельефа и трехмерной модели наземных объектов.

5.2.5. ПТК САПР-ВЛ должен позволять осуществлять ручной ввод двухмерных и трехмерных координат элементов местности.

5.2.6. ПТК САПР-ВЛ должен иметь систему классификации элементов модели местности по объектному признаку и обеспечивать возможность дополнения списка классов объектов как открытого списка:

- земная поверхность;
- водные объекты;
- растительность;
- объекты транспортной инфраструктуры;

- объекты городской инфраструктуры;
- объекты капитального строительства и временные постройки;
- элементы действующих ВЛ (опоры, фазные провода, ГТ, ОК и др.);
- элементы пересекаемых и сближающихся и параллельно следующих ВЛ различного напряжения (опоры, фазные провода, ГТ, ОК и др.);
- наземные инженерные сети;
- элементы объектов электроэнергетики ит.д.

5.2.7. Классификатор элементов модели местности в ПТК САПР-ВЛ должен позволять задавать:

- графическое отображение элементов модели местности;
- требования к минимальным расстояниям от фазных проводов различного напряжения, ГТ и ОК до земли и различных наземных объектов с целью осуществления автоматических проверок этих расстояний.

5.2.8. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать и использовать во всех проектах ВЛ единый типовой классификатор элементов модели местности.

5.2.9. ПТК САПР-ВЛ должен позволять дополнять созданную модель местности различными геореференцированными векторными и растровыми графическими материалами в общепринятых форматах электронного представления данных (dxf, esw, bmp, tif, jp2) для обеспечения учета при выполнении проектов ВЛ имеющихся данных инженерно-геологических и других изысканий:

- профили с геологией;
- кадастровые карты;
- планиметрические карты местности;
- данные аэрофотосъемки;
- полоса отвода под строительство;
- схемы инженерных сетей и т.д.

5.2.10. ПТК САПР-ВЛ должен позволять производить прямые измерения расстояний в трех плоскостях.

### **5.3. Трасса и продольный профиль ВЛ.**

5.3.1. ПТК САПР-ВЛ должен позволять интерактивно прокладывать трассу ВЛ по созданной модели местности с учетом рельефа земной поверхности и всех имеющихся в модели местности данных геодезических изысканий.

5.3.2. ПТК САПР-ВЛ должен позволять корректировать трассу ВЛ на любой стадии работы над проектом ВЛ.

5.3.3. ПТК САПР-ВЛ должен автоматически создавать и в реальном времени корректировать продольный профиль ВЛ при создании и корректировке трассы ВЛ.

5.3.4. ПТК САПР-ВЛ должен по заданию пользователя создавать произвольное число боковых профилей ВЛ для проверки габаритов до земли и других наземных объектов непосредственно под фазными проводами.

5.3.5. ПТК САПР-ВЛ должен позволять прокладывать трассы произвольной конфигурации, в том числе с разделением коридоров цепей многоцепных ВЛ.

5.3.6. ПТК САПР-ВЛ должен позволять в рамках одного проекта ВЛ прокладывать независимые трассы и создавать профили для пересекаемых, сближающихся и параллельно следующих ВЛ.

5.3.7. ПТК САПР-ВЛ должен автоматически создавать вдоль профиля ВЛ следующие графические отметки для контроля за соблюдением нормируемых классификатором модели местности расстояний от фазных проводов, ГТ и ОК до земной поверхности и различных наземных объектов, упрощения проверки проектов

и наглядности:

- габаритные линии минимально допустимых расстояний от земли для основного и боковых профилей в соответствии с напряжением ВЛ;
- габаритные линии минимально допустимых расстояний от пересекаемых наземных объектов (автодороги, железные дороги, водные пространства, элементы ВЛ ит.д.);

5.3.8. ПТК САПР-ВЛ должен позволять задавать вдоль трассы ВЛ конфигурацию и протяженность особых зон для расстановки опор по трассе ВЛ с учетом особенностей местности и расположения подземных объектов:

- запретные зоны, в пределах которых установка опор запрещена;
- нежелательные зоны, в пределах которых установка опор приводит к увеличению расходов и/или усложнению СМР.

#### **5.4. Климатические условия.**

5.4.1. ПТК САПР-ВЛ должен позволять выполнять расчеты в сочетании нагрузок и воздействий, в том числе расчетных климатических условий в соответствии с требованиями 6-го и 7-го изд. ПУЭ (ветер, гололед, ветер с гололедом, режимы с различной температурой ит.д.) с учетом ввода в систему:

- нормативных ветровых давлений согласно картам районирования территории Российской Федерации по ветровому давлению;
- поправочных коэффициентов для величины значения ветрового давления, учитывающих высоту расположения приведенного центра тяжести фазных проводов, ГТ, ОК и средних точек зон конструкций ВЛ над поверхностью земли, типа местности;
- нормативных толщин стенок гололеда согласно картам районирования территории Российской Федерации по толщине стенки гололеда;
- поправочных коэффициентов для величины стенки гололеда, учитывающих высоту расположения приведенного центра тяжести фазных проводов, ГТ, ОК и средних точек зон конструкций ВЛ над поверхностью земли, диаметр фазных проводов, ГТ и ОК;
- коэффициентов надежности по ответственности;
- региональных коэффициентов по ветру и гололеду;
- коэффициента надежности по ветровой нагрузке;
- коэффициента надежности по гололедной нагрузке;
- коэффициента условий работы;
- коэффициента надежности нагрузки от тяжения при расчете нагрузок на опоры по первой и второй группам предельных состояний;
- коэффициента от собственного веса фазных проводов, ГТ и ОК.

5.4.2. ПТК САПР-ВЛ должен позволять моделировать воздействие внешних климатических условий на элементы конструкции ВЛ для проведения расчетов тяжений, стрел провеса, нормируемых расстояний от фазных проводов, ГТ, ОК и нагрузок на опоры.

5.4.3. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать набор расчетных климатических условий путем ввода выбранных значений физических параметров для обеспечения возможности моделирования нормативных и ненормативных климатических условий.

5.4.4. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать единый типовой шаблон перечня расчетных климатических режимов для использования во всех проектах ВЛ в целях обеспечения единообразия их состава, а также упрощения их проверки.

### **5.5. Модели опор и их расстановка на профиле ВЛ.**

5.5.1. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать трехмерные модели опор с реальными размерами и осуществлять их интерактивную расстановку на профиле ВЛ.

5.5.2. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать модели анкерно-угловых, промежуточных, промежуточно-угловых, переходных промежуточных, переходных концевых опор, порталов с произвольным количеством и конфигурацией точек крепления фазных проводов, ГТ и ОК.

5.5.3. ПТК САПР-ВЛ должен позволять использовать для расстановки на профиле ВЛ модели опор в двух вариантах:

- упрощенные (схематические) модели опор, геометрически описывающие совокупность точек крепления фазных проводов, ГТ и ОК к опоре, а также типы и параметры этих креплений;

- детальные модели опор, описывающие конструкцию опоры с учетом размеров и конфигурации всех несущих элементов опоры, в том числе оттяжек, с заданием физико-механических характеристик этих элементов и их соединений и формированием пополняемой библиотеки данных.

5.5.4. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать модели стальных решетчатых, одно- и многостоечных столбовых опор со стойками из различных материалов, в том числе опоры с оттяжками.

5.5.5. ПТК САПР-ВЛ должен позволять задавать различные типы крепления фазных проводов, ГТ и ОК к опорам:

- натяжное крепление;
- поддерживающее крепление, в том числе с использованием роликовых подвесов;
- V-образное поддерживающее крепление.

5.5.6. ПТК САПР-ВЛ должен позволять задавать следующие параметры креплений к опоре для каждого фазного провода, ГТ и ОК:

- длина крепления;
- вес крепления;
- площадь поверхности крепления, воспринимающая ветровое давление;
- допустимые углы отклонения для поддерживающих креплений.

5.5.7. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать модели опор с сочетанием натяжных, штыревых, поддерживающих креплений, в том числе с роликовыми подвесами и V-образных поддерживающих креплений фазных проводов, ГТ и ОК на одной опоре.

5.5.8. ПТК САПР-ВЛ должен позволять задавать для созданных моделей опор значения допустимых ветровых и весовых пролетов согласно областям применения этих опор.

5.5.9. ПТК САПР-ВЛ должен позволять интерактивно расставлять созданные модели опор и изменять их расстановку по трассе ВЛ:

- путем задания пикета установки опоры, посредством графического интерфейса или указанием его величины в диалоговом окне;
- автоматическая расстановка множества опор указанного типа с заданной длиной пролета;
- автоматическая расстановка множества опор в соответствии с заданными в табличном виде координатами мест их установки;
- автоматические подбор типов и расстановка опор заданной стоимости в целях

экономической оптимизации проекта с учетом:

- расположения и конфигурации особых запретных и нежелательных зон вдоль трассы ВЛ;
- требований к необходимости установки опор определенного типа в конкретном месте (углы поворота трассы, пересечения с железными дорогами ит.д.);
- заданных пользователем допустимых весовых и ветровых пролетов опор;
- соблюдения нормируемых расстояний до земной поверхности и наземных объектов от нижних фазных проводов при различных климатических условиях как в начальном (монтажном), так и после вытяжки, и в конечном (установившемся) режимах;
- соблюдения ограничений по максимальным тяжениям фазных проводов при различных климатических условиях как в начальном (монтажном), так и после вытяжки, и в конечном (установившемся) режимах.

5.5.10. ПТК САПР-ВЛ должен позволять выполнять следующие действия для каждой конкретной опоры в месте её установки на профиле ВЛ:

- модифицировать геометрию модели опоры;
- моделировать банкетки произвольной высоты;
- произвольно менять угол ориентации опоры относительно направления трассы ВЛ или биссектрисы угла поворота ВЛ для анкерно-угловых опор.

#### **5.6. Физико-механические параметры и расчетные модели фазных проводов, ГТ и ОК.**

5.6.1. ПТК САПР-ВЛ должен позволять проводить расчет стрел провеса, тяжений и отображать графически в пространстве кривые провисания фазных проводов, ГТ и ОК любых типов в начальном (монтажном) режиме после их вытяжки при среднеэксплуатационной нагрузке и после воздействия максимальной внешней климатической нагрузки.

5.6.2. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать расчетную модель с физико-механическими параметрами фазных проводов любого типа и конструкций, включая:

- стандартные АС-провода;
- фазные провода из высокотемпературных сплавов, в том числе с сердечниками из неметаллических материалов;
- высокотемпературные GAP-провода, у которых внешние алюминиевые повивы при определенных температурах имеют воздушный зазор с сердечником и не взаимодействуют с ним как в едином биметаллическом проводе.

5.6.3. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать и применять расчетные модели как одиночных так и расщепленных фазных проводов.

5.6.4. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать и применять расчетные модели ОК различных типов, включая:

- ОКГТ;
- ОКСН;
- ОКФП;
- ОКНН
- OPGW

5.6.5. ПТК САПР-ВЛ должен позволять осуществлять построение расчетных моделей физико-механических параметров фазных проводов, ГТ и ОК путем:

5.6.5.1. Задания линейных модулей упругости как в начальном (монтажном), так и конечном (после вытяжки) режимах;

5.6.5.2. Задания нелинейных модулей упругости, описанных полиномом до 4-й

степени, в начальном (монтажном) и конечном (после вытяжки) режимах;

5.6.5.3. Задания отдельно модулей упругости как внешнего повива, так и сердечника, описанные полиномом до 4-й степени, в начальном (монтажном) и конечном (после вытяжки) режимах;

5.6.5.4. Учета вытяжки, обусловленной как длительным (20-40 лет) воздействием среднеэксплуатационной нагрузки, так и кратковременным воздействием наибольших внешних климатических условий;

5.6.5.5. Учета температурного удлинения как в целом для проводника, состоящего из различных материалов, так и отдельно для внешнего повива и сердечника;

5.6.5.6. Задания следующих параметров:

- общее сечение;
- внешний диаметр;
- погонный вес;
- разрывное тяжение;
- конечный модуль упругости;
- температура, при которой определена вытяжка (ползучесть).

5.6.5.7. Отображения свойств созданной расчетной модели графически, в виде характеристики «нагрузка-удлинение» как в начальном (монтажном), так и после вытяжки, и в конечном (установившемся) режимах.

5.6.6. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать расчетную модель фазных проводов, ГТ и ОК из характеристик «нагрузка-удлинение», полученных экспериментальным путем, вводом значений при начальном (монтажном) нагружении и после вытяжки.

5.6.7. ПТК САПР-ВЛ должен позволять вводить дополнительные параметры фазных проводов для проведения расчетов по определению и оценке пропускной способности ВЛ, температуры фазных проводов при различных климатических условиях и различных токовых нагрузках:

- два значения погонных сопротивлений фазного провода: при температуре 20°C и указанной температуре;
- коэффициент излучения поверхности;
- коэффициент поглощения солнечного излучения поверхностью;
- удельная теплоемкость внутренних и внешних повивов.

### **5.7. *Кривые провисания, расчеты стрел провеса и тяжений фазных проводов, ГТ и ОК.***

5.7.1. Все расчеты по положению фазных проводов, ГТ и ОК в пространстве при различных климатических условиях и в различных режимах должны проводиться как для цепной линии.

5.7.2. ПТК САПР-ВЛ должен позволять моделировать провес и отображать кривые провисания созданных моделей фазных проводов, ГТ и ОК подвешенных на расставленных моделях опор ВЛ.

5.7.3. ПТК САПР-ВЛ должен позволять графически отображать кривые провисания фазных проводов, ГТ и ОК в пространстве при различных климатических условиях и температурах в режиме монтажа, после вытяжки и после воздействия максимальной внешней климатической нагрузки.

5.7.4. ПТК САПР-ВЛ должен позволять одновременно отображать кривые провеса фазных проводов, ГТ и ОК для произвольного количества климатических условий и температур в режиме монтажа, после вытяжки и после воздействия

максимальной внешней климатической нагрузки.

5.7.5. ПТК САПР-ВЛ должен моделировать кривые провеса фазных проводов, ГТ и ОК, заданных:

- исходя из ограничений по величинам максимально допустимых тяжений при различных климатических воздействиях;
- по заданным пользователем монтажному тяжению и температуре подвески;
- по кривым провеса, полученным по итогам обследования с указанием температуры фазных проводов, ГТ и ОК на момент проведения измерений кривых провеса.

5.7.6. ПТК САПР-ВЛ должен производить расчет тяжений и стрел провеса фазных проводов, ГТ, ОК и графически отображать в пространстве кривые провисания при различных климатических условиях и температурах в режиме монтажа, после вытяжки и после воздействия максимальной внешней климатической нагрузки:

- по методу приведенного пролета, который моделирует усредненное тяжение для всех пролетов в пределах анкерного участка ВЛ;
- по методу конечных элементов, с учетом отклонения поддерживающих креплений в каждом, углов поворота трассы ВЛ и перепада высот.

5.7.7. ПТК САПР-ВЛ должен производить расчет тяжений и стрел провеса фазных проводов, ГТ, ОК и графически отображать в пространстве кривые провисания при различных климатических условиях и температурах в режиме монтажа, после вытяжки и после воздействия максимальной внешней климатической нагрузки с учетом:

- неравномерного распределения в пролете гололедных отложений;
- сосредоточенных нагрузок, в том числе от подвешиваемых балластов;
- произвольной транспозиции проводов;
- перераспределения длины фазного провода, ГТ, ОК в смежных пролетах анкерной секции, в том числе при применении роликовых подвесов.

## **5.8. Инженерные расчеты.**

5.8.1. ПТК САПР-ВЛ должен позволять проводить различные инженерные расчеты для проверки принятых проектных решений на предмет соблюдения требований НТД, оптимизации конструкции ВЛ и подготовки требуемого объема проектной документации.

5.8.2. ПТК САПР-ВЛ должен позволять проводить расчеты расстояний по горизонтали, вертикали и в свету от фазных проводов, ГТ и ОК при различных климатических условиях как в начальном (монтажном), так и после вытяжки, и в конечном (установившемся) режимах с учетом требований 7-го изд. ПУЭ.

5.8.2.1. ПТК САПР-ВЛ должен позволять проводить расчеты расстояний между любыми подвешенными в модели ВЛ фазными проводами, ГТ и ОК:

- расстояния между верхними фазными проводами и ГТ или ОКГТ по условиям грозозащиты;
- расстояния между фазными проводами, ГТ, ОК проектируемой и пересекаемых, сближающихся или следующих параллельно ВЛ;
- расстояния между фазными проводами и ОК, подвешенными в межфазном пространстве по условиям схлестывания;
- границы и расположение эллипсов пляски фазных проводов, ГТ и ОК с одной и двумя полуволнами.

5.8.3. ПТК САПР-ВЛ должен позволять проводить расчеты углов отклонения

поддерживающих креплений фазных проводов, ГТ и ОК под воздействием ветрового давления. При использовании детальных моделей опор ПТК САПР должен позволять рассчитывать минимальные расстояния от отклоненных фазных проводов, ГТ и ОК до ближайших элементов моделей опор.

5.8.4. ПТК САПР-ВЛ должен позволять проводить расчеты габаритных расстояний от фазных проводов, ГТ и ОК до классифицированных элементов модели местности:

- габариты до земной поверхности и водных пространств;
- габариты до автомобильных дорог, неэлектрифицированных и электрифицированных железных дорог;
- расстояния до сооружений связи, сигнализации и проводного вещания;
- расстояния до производственных и жилых зданий и сооружений;
- расстояния до залесенных участков и отдельно стоящих деревьев с учетом перспектив их роста и возможности падения на фазные провода, ГТ и ОК.

5.8.5. ПТК САПР-ВЛ должен позволять рассчитывать нагрузки от фазных проводов, ГТ и ОК на точки крепления к опорам:

- по первой и второй группам предельных состояний в нормальном, аварийном режимах и монтажном режимах;
- с возможностью использования рассчитанных нагрузок для поэлементного расчета детальной модели опоры в отдельных модулях ПТК САПР-ВЛ или в других САПР, предназначенных для проектирования и прочностного анализа строительных конструкций.

5.8.6. ПТК САПР-ВЛ должен позволять проводить расчеты тяжений и удельных механических напряжений в фазных проводах, ГТ и ОК для определения требуемых рядов тоннажности элементов подвесной и изоляционной арматуры.

5.8.7. ПТК САПР-ВЛ должен позволять проводить расчеты напряженности электрического поля и индукции магнитного поля для заданных пользователем тока ВЛ и расположения фаз для проверки соблюдения требований ГН и СанПиН, а также выбора оптимальной точки подвеса ОКСН.

5.8.8. ПТК САПР-ВЛ должен позволять проводить расчеты пропускной способности ВЛ и определять:

- максимальную температуру фазных проводов, при которой соблюдаются габариты от нижних фазных проводов до земной поверхности и наземных объектов;
- токовую нагрузку ВЛ, при которой фазные провода достигают заданной пользователем температуры;
- температуру, которую достигают фазные провода при заданной пользователем токовой нагрузке ВЛ;
- продолжительность переходного процесса увеличения температуры фазного провода во времени при дискретном увеличении токовой нагрузки на заданную пользователем величину;
- токовую нагрузку, которая приводит к нагреву фазного провода до заданной пользователем критической температуры за определенный промежуток времени;

5.8.9. При выполнении расчетов пункта 5.8.7 настоящего Стандарта ПТК САПР-ВЛ должен позволять учитывать следующие параметры окружающей среды:

- температура окружающей среды;
- скорость ветра;
- угол направления ветрового потока по отношению к фазному проводу;
- высота подвеса фазного провода над уровнем моря;

- географическая широта местности пересекаемой ВЛ;
- дата и время суток;
- угол между осью ВЛ и азимутом солнца.

#### **5.9. Отчетные материалы.**

5.9.1. ПТК САПР-ВЛ должен позволять сохранять для дальнейшего архивирования и использовать результаты проведенных расчетов, а также текстовые и графические материалы, полученные из трехмерной модели местности и расчетной модели ВЛ для оформления проектной, рабочей и иной документации вне ПТК САПР-ВЛ.

5.9.1.1. ПТК САПР-ВЛ должен позволять сохранять результаты всех проведенных расчетов в текстовых и табличных форматах электронного представления данных txt, rtf, xls и xml, позволяющих обрабатывать и оформлять эти материалы в соответствии с требованиями действующей НТД:

5.9.1.1.1. ПТК САПР-ВЛ должен обеспечивать создание следующих текстовых частей проектной и рабочей документации:

- монтажные таблицы стрел провеса;
- нагрузки на точки крепления опор от фазных проводов, ГТ и ОК;
- поопорные ведомости, в том числе с указанием координат мест установки опор в системе координат проекта;
- спецификации оборудования и материалов.

5.9.1.1.2. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать следующие сопутствующие текстовые и табличные отчетные материалы для обеспечения простоты проверки принятых в проекте инженерных решений:

- перечень расчетных климатических условий;
- ведомость углов поворота трассы;
- ведомость углов отклонения поддерживающих креплений;
- ведомость весовых и ветровых пролетов опор;
- координаты точек крепления фазных проводов, ГТ и ОК к опорам;
- ведомости расстояний от фазных проводов, ГТ и ОК до земной поверхности или других наземных и воздушных объектов на всем протяжении ВЛ или на отдельных ее участках, в том числе на переходах через инженерные сооружения;
- ведомости расстояний между фазными проводами, ГТ и ОК;
- ведомости подвешиваемых фазных проводов, ГТ и ОК;
- результаты расчетов тяжений и стрел провеса фазных проводов, ГТ и ОК во всех пролетах для всех климатических условий как в начальном (монтажном), так и после вытяжки, и в конечном (установившемся) режимах;
- результаты расчетов эллипсов пляски проводов с иллюстрацией отображающей их размеры и расположение;
- результаты расчетов параметров электромагнитного поля и пропускной способности ВЛ с графиками зависимостей рассчитываемых величин.

5.9.1.2. ПТК САПР должен иметь двухстороннюю совместимость с общеприменимыми графическими САПР и геоинформационными системами и использовать универсальные графические форматы электронного представления данных dxf, kmz, позволяющие:

5.9.1.2.1. Создавать и оформлять графические материалы проектной и рабочей документации в соответствии с требованиями НТД:

- профиль с расстановкой опор;
- план трассы с расстановкой опор;

- пересечения с ВЛ и другими инженерными сооружениями;
- схемы заходов ВЛ на подстанции.

5.9.1.2.2. Создавать следующие сопутствующие отчетные графические материалы, позволяющие обеспечить простоту проверки и наглядную визуализацию принятых в проекте инженерных решений с отображением всех имеющихся данных инженерных изысканий:

- трехмерные чертежи отметок габаритных расстояний от фазных проводов, ГТ и ОК до земной поверхности или других наземных и воздушных объектов на всем протяжении ВЛ или на отдельных ее участках, в том числе на переходах через инженерные сооружения;

- трехмерные чертежи отметок габаритных расстояний между фазными проводами, ГТ и ОК;

- графическое отображение участков растительности под вырубку;

- трехмерный план трассы ВЛ, включающий результаты всех инженерно-геодезических изысканий, в том числе данные аэросъемки, кадастровые карты и границы охранной зоны ВЛ, отображающий расположение опор и положение отклоненных фазных проводов, ГТ и ОК под воздействием различных климатических нагрузок.

5.9.2. ПТК САПР-ВЛ должен позволять вести автоматический учет числа и типов установленных опор, элементов арматуры и оборудования, подвешиваемого на опорах и фазных проводах, ГТ и ОК для автоматизированного формирования заказных спецификаций.

5.9.3. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать, хранить с защитой от записи и передавать другим пользователям представление данных проекта ВЛ в формате ПТК САПР для обеспечения возможности создания и ведения фонда проектной и исполнительной документации ВЛ в электронной форме представления данных и для осуществления функций контроля за соответствием проектных решений требованиям НТД и качества СМР согласно выбранным проектным решениям.

5.9.3.1. Электронное представление данных проекта в формате ПТК САПР-ВЛ должно выполнять функции проектно-сметной документации вновь сооружаемых, реконструируемых ВЛ и исполнительной документации действующих ВЛ в электронной форме представления данных и включать в себя исчерпывающую информацию в соответствии с требованиями заказчика и действующей НТД:

5.9.3.1.1. Об особенностях местности в полосе ВЛ:

- трехмерная модель рельефа земной поверхности и наземных объектов;
- данные всех имеющихся инженерных изысканий;

5.9.3.1.2. О конструкции ВЛ:

- трехмерная модель конструкции ВЛ, включающая трассу, расстановку опор, в том числе детальных моделей опор, подвешенные расчетные модели фазных проводов, ГТ и ОК и отмеченные особые зоны вдоль трассы ВЛ;

- сведения о пересекаемых инженерных объектах;

- для действующих ВЛ: прикрепленная к каждой опоре информация о ее типе, заводе изготовителе, годе установки и проведенных инструментальных обследованиях, результатах расчетов нагрузок и фотографии;

- для вновь сооружаемых ВЛ: прикрепленная к каждой опоре информация о ее типе, заводе изготовителе, стоимости, результатах расчетов нагрузок на опоры;

- прикрепленные к каждой опоре чертежи опоры, фундамента, креплений фазных проводов, ГТ и ОК, оборудования грозозащиты и ВОЛС-ВЛ ит.д.

#### 5.9.3.1.3. О принятых проектных решениях:

- перечень расчетных климатических условий, максимальные ограничения по тяжениям для фазных проводов, ГТ и ОК при различных климатических условиях;
- результаты расчетов всех нормируемых расстояний от фазных проводов, ГТ и ОК до земной поверхности, наземных объектов как в графической так и в текстовой / табличной форме представления;
- результаты расчетов тяжений и стрел провеса фазных проводов, ГТ и ОК при различных климатических условиях как в начальном (монтажном), так и после вытяжки, и в конечном (установившемся) режимах;
- результаты расчетов пропускной способности ВЛ и уровней параметров электромагнитного поля.

5.9.3.1.4. Полный комплект проектной и/или рабочей документации (включая сметную документацию) оформленной в соответствии с требованиями НТД и прикрепленной в электронной форме представления данных к комплекту данных проекта ВЛ в формате ПТК САПР-ВЛ:

- для действующих ВЛ - документация на проект реконструкции ВЛ или организации ВОЛС-ВЛ, отчетные материалы работ по техническому аудиту ВЛ;
- для вновь сооружаемых ВЛ - документация на строительство ВЛ.

5.9.3.1.5. Сведения о системах диагностики и мониторинга технического состояния ВЛ с использованием соответствующих информационно-измерительных и аналитических систем передачи и обработки данных прямого измерения технических параметров.

5.9.3.2. Электронное представление действующей ВЛ в формате ПТК САПР-ВЛ должно выполнять функции паспорта ВЛ в электронной форме представления данных и позволять:

5.9.3.2.1. Использовать созданную по результатам обследования модель действующей ВЛ для технического аудита действующей ВЛ и принятия решения о необходимости и возможности проведения плановых ремонтов, реконструкций, проектов подвески ВОЛС и повышения пропускной способности;

5.9.3.2.2. Обеспечивать возможность представления и выдачи исходных данных в составе технических заданий на проектирование, СМР и ремонтных работ в электронной форме представления данных;

5.9.3.2.3. Актуализировать созданную модель действующей ВЛ после выполнения на ней СМР и ремонтных работ и / или при обновлении данных инженерных изысканий с сохранением исходной версии модели ВЛ;

5.9.3.3. Электронное представление данных проекта вновь сооружаемых ВЛ в формате ПТК САПР должно позволять:

5.9.3.3.1. Осуществлять функции контроля за соответствием проектных решений требованиям НТД;

5.9.3.3.2. Осуществлять функции контроля качества СМР согласно выбранным проектным решениям;

5.9.3.3.3. Актуализировать модель вновь сооружаемой ВЛ в соответствии с исполнительной документацией по результатам СМР;

5.9.3.3.4. Использовать модель построенной, реконструированной или модифицированной ВЛ в целях архивного хранения и в целях, описанных в п. 5.9.3.2.

5.9.3.4. ПТК САПР-ВЛ должен позволять создавать несколько комплектов электронного представления данных проекта ВЛ различного наполнения в целях обеспечения выполнения установленных процедур распределительной сетевой компании по работе с данными ДСП.

Приложение А  
К Стандарту проектирования воздушных линий  
электропередач 110 кВ и выше с применением  
системы автоматизированного проектирования САПР  
ОАО «Янтарьэнерго»

Перечень нормативно-технической документации

Федеральные законы:

- от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;
  - от 3 марта 1995 г. № 27-ФЗ «О недрах»;
  - от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях»;
  - от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;
  - от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации»;
  - от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»;
  - от 26.06. 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»;
  - от 21.07.1997г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
  - от 08.08.2001 г. № 128-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности»;
  - от 25.10.2001 г. № 137-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации»;
  - от 22 июля 2008 г. № 148-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации»;
  - от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе»;
  - от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации»;
  - от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации»
- Часть III. Раздел X. Охрана труда;
- от 4 декабря 2006 г. № 200-ФЗ «Лесной кодекс Российской Федерации»;
  - от 26 декабря 1995 г. № 209-ФЗ «О геодезии и картографии».
- Постановления Правительства Российской Федерации:
- от 26 января 2006 г. № 45 «Об организации лицензирования отдельных видов деятельности»;
  - от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»;
  - от 14 февраля 2000 г. № 128 «Об утверждении Положения о предоставлении информации о состоянии окружающей среды, ее загрязнений и чрезвычайных ситуациях техногенного характера, которые оказали, оказывают, могут оказать негативное воздействие на окружающую среду»;
  - от 5 марта 2007 г. № 145 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий»;
  - от 31 марта 2003 г. № 177 «Положение об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды»;
  - от 28 марта 2000 г. № 273 «Об утверждении положения о государственном геодезическом надзоре за геодезической и картографической деятельностью»

от 29 октября 2002 г. № 777 «О перечне объектов, подлежащих федеральному государственному экологическому контролю»;

от 7 октября 1996 г. № 1170 «Об утверждении Положения об охранных зонах и охране геодезических пунктов на территории Российской Федерации».

ГОСТ 21.110-95 Правила выполнения спецификации оборудования, изделий и материалов

ГОСТ Р21.1101-2009 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации

ГОСТ Р21.1703-2000 Правила выполнения рабочей документации проводных средств связи

Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 апреля 2010г

СП 16.13330.2011, СНиП II-23-81\* Стальные конструкции, Актуализированная редакция

СП 20.13330.2011, СНиП 2.01.07-85\*, Нагрузки и воздействия, Актуализированная редакция

СП 48.13330.2011, СНиП 12-01-2004, «Организация строительства», Актуализированная редакция

СНиП 2.02.01-83\*. Основания зданий и сооружений

СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии

СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования

СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство

СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства»

СП 11-103-97 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства».

СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства»

СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства»

СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарные правила и нормы. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов

СанПиН 2.2.4.723-98. Санитарные правила и нормы. Производственное воздействие переменных магнитных полей промышленной частоты 50 Гц

ГН2.18/2.2.4.2262-07. Гигиенический норматив. Предельно допустимые уровни магнитных частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях;

РД 153-34.0-48.518-98 «Правила проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 кВ и выше»

СО 34.35.125-99 (РД 153-34.3-35.125-99) «Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений»

СО 153-34.20.121-2006 Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ

СТО 56947007-29.240.55.016-2008 Нормы технологического проектирования

ВЛ электропередачи напряжением 35-750 кВ., утверждённые приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 24.10.2008 № 460

**Примечание:** При пользовании настоящим Стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим Стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.





## В.2 Формат монтажных таблиц стрел провеса

Анкерный участок			Расчётный (визир.) пролёт, м		Стрелы провеса провода в метрах при температуре в град.С						
N пограничных опор	Длина, м	Приведенный пролёт, м	N пограничных опор	Длина, м	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30

Примечание:

Монтажные стрелы провеса рассчитаны с учетом их вытяжки в процессе эксплуатации, как при средне эксплуатационной нагрузке, так и после максимальной нагрузки.

При монтаже провеса в условиях промежуточных значений температуры, стрелы провеса определять путем интерполяции.

\* -визируемые пролеты.