

"Наука-Связь Иваново":

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ
ЛИНИИ СВЯЗИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА EnergyCS Line



В работе компании "Наука-Связь Иваново" одним из важнейших направлений является проектирование, сооружение и эксплуатация сетей, в основном построенных на основе волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). За последнее время здесь выполнены проекты протяженных линий связи, предполагающих подвеску на опорах существующих воздушных линий электропередач (ВЛ). В таких случаях, помимо традиционных задач, связанных с проектированием линии связи, появляется еще одна, причем достаточно трудоемкая. Речь идет о механическом расчете подвески кабеля, включающем расчет натяжения кабеля с учетом обеспечения допустимых габаритов, допустимости нагрузок на сам кабель и на существующие опоры ВЛ

С поисках программы, способной наиболее полно решить задачу проектирования ВОЛС, специалисты компании обстоятельно протестировали несколько предложенных вариантов. Наиболее функциональным решением оказалась разработка компании CSoft Development – программа EnergyCS Line. Авторы программы работают в том же городе, что и "Наука-Связь Иваново", а компания CSoft Иваново (подразделение группы компаний CSoft) готова не только поставить программное обеспечение, но и провести обучение, выполнить совместно со специалистами заказчика пилотный проект.

Программный комплекс EnergyCS Line, в пользу которого и был сделан выбор, предназначен для проектирования механической части воздушных линий электропередач, а также для проектирования волоконно-оптических линий связи с подвеской на воздушных линиях электропередач (ВЛ).

Проектирование ВЛ предполагает выполнение следующих операций:

- расчет стрел провисания проводов и тросов в различных режимах;

- расстановку опор по трассе;
- проверку габаритов над или под пересечениями;
- получение монтажных таблиц для стрел провисания и тяжений;
- расчет механических нагрузок на опоры и их фундаменты;
- получение спецификаций материалов и оборудования для сооружения линий электропередач и др.

Проектирование ВОЛС с помощью инструментов программы представляет собой дополнительную задачу, тесно связанную с расчетом проводов и тросов. Ее решение может организовываться в двух режимах: проектирование ВОЛС как продолжение проектирования ВЛ и проектирование ВОЛС с подвеской на существующей линии электропередач.

Проектирование ВОЛС включает:

- ввод данных о существующей линии, таких как положение опор на трассе, параметры проводов, описание пересечений (необходимо только для проектирования ВОЛС с подвеской на опорах существующей линии);
- определение условий подвески волоконно-оптического кабеля (ВОК), его способа крепления к опорам, раз-

мещение относительно траверс и стойки;

- размещение соединительных и, возможно, ответвительных муфт;
- определение строительных длин ВОК;
- проверку габаритов пересечений, если это критично для данного способа подвески ВОК;
- проверку дополнительной нагрузки на опоры, связанной с подвеской ВОК;
- формирование таблиц монтажных тяжений и монтажных стрел провисания;
- формирование спецификации кабелей, арматуры и материалов.

Состав исходных данных

Для проектирования ВОЛС используются те же данные, что и при проектировании ВЛ, дополненные информацией об оптическом кабеле и особенностях его подвески согласно техническому заданию. Если проектирование ВОЛС представляет собой продолжение проектирования ВЛ, то данные о ней уже представлены в нужном формате и собственно задача расчета ВОЛС решается в программе просто.

Что касается проектирования подвески ВОК на опорах существующей линии электропередач, то здесь требуется ввод достаточно большого объема информации о ВЛ:

- 1) о топологических участках линии, а также о трассах основных линий и их ответвлений;
- 2) о расположении каждой опоры топологического участка, ее типе и механических характеристиках;
- 3) о механических характеристиках фазных проводов и, возможно, о грозозащитных тросах;

Номер	Обозначение	Наименование	Длина	Префикс	Начальный номер	Постфикс
1			0		0	

Рис. 1. Таблица для формирования бланка линий (топологических участков)

№	Длина	Павт	Осы	Наименование	Тип	Ширина	Угол	Доп. раст.	Отметка	Высота	Доп. раст.	Положение	Рекорд
---	-------	------	-----	--------------	-----	--------	------	------------	---------	--------	------------	-----------	--------

Рис. 2. Таблица для формирования бланка таблицы опор топологического участка

Номер	Обозначение	Наименование	Длина	Префикс	Начальный номер	Постфикс	Первая опора	Последняя опора
1	Копяновская	ВЛ 110 кВ "Копяновская"	5750	Коп-	0		Коп-1а	Коп-32
2	Загородная	ВЛ 110 кВ "Загородная"	8711	Заг-	0		Заг-1	Заг-45
3	Отп. Стройин	Оттайка на Стройиндустрию	935	СИ-	0		СИ-4	СИ-5
4	Отп. Ив-14	Оттайка на Ив-14	381.6	Ив-14-	0		Заг-6	Ив-14-5
5	Отп. Ив-10	Оттайка на Ив-10	381.6	Ив-10-	0		Заг-15	Ив-10-5

Рис. 4. Трассы (воздушные линии)

- 4) о профиле трассы (описание рельефа поверхности земли вдоль трассы);
- 5) об объектах, пересекаемых линией электропередач;
- 6) о механических свойствах оптического кабеля.

Данные пп. 4 и 5 необходимы, если может оказаться критичным габарит ВОК, то есть по условиям технического задания кабель располагается или в отдельных режимах может опускаться ниже проводов нижней фазы ВЛ.

Основной объем информации формируется при проектировании ВЛ и содержится в пп. 1-5.

Подготовку и ввод перечисленных данных можно выполнить и непосредственно в EnergyCS Line, однако для подготовки лучше использовать внешние программы общего назначения – MS Excel или MS Word. Такие программы предпочтительны здесь по следующим причинам:

- подготовку исходных данных можно поручить заказчику, который заполнит специальные табличные формы;
- над подготовкой могут одновременно работать несколько специалистов, при этом не потребуется дополнительных лицензий программы;
- EnergyCS Line всегда контролирует ввод данных, и, если они исходно не-

полны, процесс ввода существенно замедлится. При подготовке во внешней программе решение проблем неполноты и неточности данных можно отложить на более позднее время.

Если подготовка данных выполняется во внешних программах, бланки и способы организации данных в них должны соответствовать таблицам, формируемым в EnergyCS. Копируя в MS Excel пустые таблицы программы, следует заготовить следующие бланки:

- перечень топологических участков линии (трассы) ВЛ (рис. 1);
- все опоры линии (трассы). Для каждого топологического участка готовится отдельная таблица (рис. 2);
- пересечения линии. Для каждого топологического участка готовится отдельная таблица (рис. 3).

Данные следует вводить в те таблицы, из которых получены бланки. Для каждой трассы (топологического участка) данные вводятся отдельно.

В исходном файле (например, сформированном средствами MS Excel) несколько таблиц одного назначения могут размещаться на одном листе – если размер каждой таблицы невелик и такое расположение не мешает ее восприятию. Ввод в EnergyCS Line производится

путем копирования через системный буфер обмена.

Помимо ввода через буфер возможен и ввод непосредственно из файлов формата CSV, TXT или XML. В этом случае каждая вводимая таблица должна содержаться в отдельном файле. Особенности форматов описаны в руководстве по использованию программы.

Ввод топологических участков

В пилотном проекте, совместно выполненном специалистами "Наука-Связь Иваново" и CSoft Иваново, пять топологических участков: две основные линии и три ответвления. Перечень топологических участков вручную вводят непосредственно в модель. Результат отображается в виде таблицы, показанной на рис. 4.

В поле *Префикс* данные вводятся для того чтобы обозначение линии было включено в номер опоры. Это важно при рассмотрении ответвительных опор: для ответвлений первая опора будет принадлежать другой линии. В программе имеется функция, которая позволяет добавить префиксы и постфиксы к существующим номерам опор. Начальный номер – 0, поэтому программа запрашивает ввод описания опор.

Ввод описания опор

Ввод описания производится из файла MS Excel путем копирования через системный буфер обмена. Для этого командой *Опоры-Участки/Все опоры* открывается таблица всех опор. После ввода опор и их перенумерации с сохранением проектных номеров, но с изменением префиксов таблица первого участка имеет вид, показанный на рис. 5.

Ввод описания профиля

Информация по описанию профиля трассы предоставлена не была. Тем не менее, при вводе опор информация об отметках их оснований, а также при вводе пересечений информация об их от-

№	уч	№	оп	Обозначение	Марка	Тип	X	Y	Дист.	Павт	Азимут	Угол	Отметка	Высота	Изоляторы	Арматура	Изоляторы	Арматура	Комплект	Комплект	Детали	Примечания	УГО
1	A1.1	Кон-1а	У110-2-5	A	0.00	-135.00	-135.00	ПК0+00.00	0°	124.00													
1	A1.2	Кон-1	У110-2	A	0.00	0.00	0.00	ПК0+00.00	-4°30'	123.80													
2	3	Кон-2	ПБ110-4	П				191.12	ПК1+91.10	121.15	13.5	8°ПС-70E											
2	4	Кон-3	ПБ110-4	П				397.96	ПК3+98.00	118.95	13.5	8°ПС-70E											
2	A1.3	СИ-4	УС110-8		-38.58	490.18	491.70	ПК4+91.70	-48°	118.95													
3	A1.4	Кон-5	УС110-6		-80.95	522.70	545.11	ПК5+45.10	-48°	119.90													
4	7	Кон-6	ПБ110-4	П				796.37	ПК7+96.40	119.50	13.5	8°ПС-70E											
4	8	Кон-7	ПБ110-4	П				1003.20	ПК10+03.20	119.60	13.5	8°ПС-70E											
4	9	Кон-8	ПБ110-4	П				1230.91	ПК12+30.90	120.00	13.5	8°ПС-70E											
4	10	Кон-9	ПБ110-4	П				1479.47	ПК14+79.50	120.50	13.5	8°ПС-70E											
4	11	Кон-10	ПБ110-4	П				1690.36	ПК16+90.40	119.38	13.5	8°ПС-70E											
4	12	Кон-11	ПБ110-4	П				1970.78	ПК19+70.80	118.60	13.5	8°ПС-70E											

Рис. 5. Таблица опор линии Копяновская

Таблица 1. Пояснения к назначению типов муфт

Наименование	Сокращение	Описание применения
—	—	Обычная опора, муфты нет. При наличии муфты она удаляется.
Условная	Усл.	Муфты нет, но подвеска кабеля выполняется так, словно она есть, то есть с натяжной арматурой даже на промежуточной опоре. Образуется граница расчетных участков. Можно задать другую высоту крепления кабеля для ухода с опоры. Поскольку реальная муфта отсутствует, в спецификацию она не включается, строительная длина остается неизменной. Марку и обозначение муфты ввести нельзя.
Соединительная	Соед.	Муфта для соединения двух строительных длин. Можно ввести обозначение, выбрать марку муфты, а также задать длину снижения (она определяется автоматически, но может быть скорректирована). Расход кабеля на снижение для каждой из строительных длин равен длине снижения. Суммарный расход равен двум длинам снижения. Обязательно включается в спецификацию. Если тип муфты не определен, программа показывает ее как ошибку.
Концевая	Кон.	Концевая муфта — это специальная фиктивная муфта для обозначения конца или начала ВОЛС. В графе Длина снижения для этой условной муфты можно задать реальную длину кабеля за пределами проекта подвески на опорах ВЛ. При необходимости можно определить тип муфты и комплект арматуры подвески. Если тип муфты определен, он включится в спецификацию. Если не определен, то в спецификацию он не включается и не обозначается как ошибка.
Ответвительная	Отв.	Муфта для соединения трех строительных длин. Применяется в том случае, если от опоры имеется отпайка, на которую необходимо сделать ответвление ВОЛС. Можно ввести обозначение, выбрать марку, задать длину снижения (она определяется автоматически, но может быть скорректирована). Расход кабеля на снижение для каждой из трех строительных длин равен длине снижения. Суммарный расход равен трем длинам снижения. Обязательно включается в спецификацию. Если тип муфты не определен, программа показывает ее как ошибку.
Возвратная	Возвр.	Реальной муфты нет. Предназначена для случая захода кабеля на отпаечную ВЛ (трассу) с последующим возвратом. Для текущей линии делит ее на расчетные участки. Образуется граница расчетных участков и новая строительная длина. На ответвительной линии возвратная муфта должна находиться на первой опоре. Строительная длина ответвления будет продолжением строительной длины исходной линии. Новая строительная длина начнется в конце отпайки с возвратной линии. На ответвительной линии будет симметричная подвеска двух кабелей. Можно задать другую высоту крепления кабеля для ухода с опоры. Марку муфты и обозначение ввести нельзя. В спецификацию не включается. Длину снижения можно ввести как длину ответвления для учета при определении положения соединительной муфты на основной линии. После определения отпаечной линии длина уточнится.

метках использовалась программа для формирования таблицы описания профиля (рис. 6).

В результате получилось, что поверхность на профиле представляет собой прямую линию от опоры до опоры или от опоры до пересечения.

Ввод описания пересечений

Пересечения для каждого топологического участка вводятся отдельно. Ведомость пересечений также будет документироваться отдельной таблицей (рис. 7). Таблица пересечений ориентирована на проектирование ВЛ, поэтому при вводе су-

ществующей линии существуют незначительные поля. Проектировщика ВОК не интересует допустимое расстояние до опоры — можно вводить нулевое значение. Режим расчета также неактуален, поскольку проблемы габарита ВОК возникают при гололеде без ветра, — следовательно, вводится любое значение (например, 0).

В представленном на рис. 7 перечне не указаны типы пересечений, которые должны соответствовать списку кодов в программе, но для решения задачи эти коды не важны.

Заполнение монтажной ведомости ВОК

Монтажная ведомость ВОК — это специальная таблица, построенная на основе перечня всех опор линии и дополненная специфическими параметрами, определяющими подвеску ВОК, а также его строительные длины (рис. 8). В рамках этой таблицы решаются все вопросы проектирования ВОЛС, в том числе:

- задание высоты подвески кабеля на опоре;
- расстановка соединительных и ответвительных муфт;
- назначение вида подвески (натяжная или поддерживающая);

№ тр.	Дистанция м	Отметка оси м	Пикет	Азимут °	Отметка лев. м	Отметка прав. м	Уст. опор	Грунт (код)	Тип пересечения	Ось/зона	Ширина м	Угол °	Отметка пересеч.
1	135.00	124.00	ПК0+00.00	0°	0.00	0.00	A	0	-	-	-	-	-
1	0.00	123.80	ПК0+00.00	355°30'	0.00	0.00	A	0	-	-	-	-	-
1	191.12	121.15	ПК1+91.10	355°30'	0.00	0.00	П	0	-	-	-	-	-
1	397.96	118.95	ПК3+98.00	355°30'	0.00	0.00	П	0	-	-	-	-	-
1	491.70	118.95	ПК4+91.70	307°30'	0.00	0.00	П	0	-	-	-	-	-
1	545.11	119.90	ПК5+45.10	355°30'	0.00	0.00	П	0	-	-	-	-	-
1	796.37	119.50	ПК7+96.40	355°30'	0.00	0.00	П	0	-	-	-	-	-
1	1003.20	119.60	ПК10+03.20	355°30'	0.00	0.00	П	0	-	-	-	-	-
1	1230.91	120.00	ПК12+30.90	355°30'	0.00	0.00	П	0	-	-	-	-	-
1	1479.47	120.50	ПК14+79.50	355°30'	0.00	0.00	П	0	-	-	-	-	-

Рис. 6. Описание трассы линии

Код №	Дистанция м	Пикет базы	Ось/Зона	Наименование пересечения	Тип	Ширина м	Угол °	Доп. расст. до опоры	Отметка м	Высота м	Доп. расст. до провода	Положение новой ВЛ
1.1	140.00	ПК1+40.00	Ось	ЛЭП 0.4 кв	ВЛ	0	90°	0	128.1	6.231	0.4	Выше
1.2	190.00	ПК1+90.00	Ось	Дорога с покрытием	АД	5	90°	0	122.8	1.615	7	Выше
1.3	440.00	ПК4+40.00	Ось	Дорога с покрытием	АД	5	90°	0	120.7	1.7	7	Выше
1.4	1022.00	ПК10+22.00	Ось	Линия связи	ПС	0	90°	0	125.4	5.767	0.4	Выше
1.5	1538.00	ПК15+38.00	Ось	Дорога с покрытием	АД	5	90°	0	120.1	-0.0892	7	Выше
1.6	1615.00	ПК16+15.00	Ось	Дорога с покрытием	АД	5	90°	0	119.5	-0.2802	7	Выше
1.7	1690.00	ПК16+90.00	Ось	Дорога с покрытием	АД	5	90°	0	121.1	1.718	7	Выше
1.8	2017.00	ПК20+17.00	Ось	Дорога с покрытием	АД	5	90°	0	119.2	0.3788	7	Выше

Рис. 7. Пересечения линии №1

Таблица 2. Пояснения к способам расчета натяжения ВОК

Наименование принципа	Описание правил натяжения ВОК
Между проводами	Кабель будет натягиваться так (точнее, так будут рассчитаны монтажные стрелы и тяжения), что в режиме среднегодовой температуры он будет располагаться предельно близко к линии центра масс фазных проводов (линии наименьшей напряженности электрического поля). При этом тяжение кабеля в режимах максимальной нагрузки, низшей температуры и среднегодовой температуры не превысит допустимого значения для соответствующего режима, а также не превысит значения, заданного в графе <i>Допустимое тяжение</i> . В режиме гололеда без ветра провод не провиснет ниже нижнего фазного провода.
Максимальное натяжение	Кабель будет натягиваться так, что тяжение кабеля в режимах максимальной нагрузки, низшей температуры и среднегодовой температуры не превысит допустимого значения для соответствующего режима, а также значения, заданного в графе <i>Допустимое тяжение</i> .
По нижнему проводу	Кабель натягивается так, что в режиме гололеда без ветра он провиснет не ниже нижнего фазного провода. При этом тяжение кабеля в режимах максимальной нагрузки, низшей температуры и среднегодовой температуры не превысит допустимого значения для соответствующего режима, а также значения, заданного в графе <i>Допустимое тяжение</i> . Если желаемое провисание обеспечить невозможно, применяется Максимальное натяжение и кабель провиснет ниже нижнего фазного провода.
По допустимому габариту	Кабель будет натягиваться так, что в режиме гололеда без ветра он провиснет до заданного допустимого габарита по отношению к земле и до допустимого габарита для каждого пересечения. При этом тяжение кабеля в режиме максимальной нагрузки не превысит заданного в справочнике и указанного в графе <i>Допустимое тяжение</i> . В режиме среднегодовой температуры кабель не превысит тяжения, заданного в справочнике для среднеексплуатационного режима, а в режиме низшей температуры не превысит значения, заданного для режима низшей температуры. Если желаемое провисание обеспечить невозможно, применяется Максимальное натяжение и кабель провиснет ниже допустимого габарита.

- задание ограничения на допустимое тяжение;
- выбор способа расчета натяжения;
- установка гасителей вибрации;
- проверка габаритов в пролете.

Описание ввода данных в таблицу монтажной ведомости

Тип муфты — тип муфты по ее назначению. Программа различает реальные и условные (фиктивные) муфты. Перечень возможных типов муфт приведен в таблице 1.

Натяжение — способ (принцип) расчета натяжения кабеля. В программе можно применить принципы расчета

натяжения оптического кабеля, приведенные в таблице 2.

При расчете натяжения кабеля расчетчику приходится учитывать следующие факторы:

- 1) минимизация допустимой нагрузки тяжения на опору;
- 2) обеспечение наибольшего габарита (не ниже допустимого) в режиме наибольшей стрелы провисания;
- 3) необходимость размещать кабель в области наименьшей напряженности электрического поля;
- 4) обеспечение несхлестывания кабеля с фазными проводами;
- 5) эстетичность линии с подвешенным

оптическим кабелем.

Ограничения по допустимым тяжениям/напряжениям кабеля устанавливаются программой автоматически.

Опыт показал, что применение одного правила для всей линии не обеспечивает хорошего результата. Приходится подбирать оптимальный принцип для каждого пролета.

Оценка полученного решения

Полученное решение можно оценивать визуально. В программе предусмотрено окно *Схема расстановки опор* (рис. 9), открывающееся при исполнении команды *Опоры-участки/Схема расстановки опор*. В окне отображается схема расстановки опор для анкерного участка с подвеской фазных проводов, грозотроса и оптического кабеля. В виде Т-символов и П-символов показываются пересекаемые объекты — с отображением в масштабе высоты и ширины пересечений, заданных осью (Т) или зоной (П).

Чтобы увидеть кривые провисания в режиме наибольшей стрелы провисания ВОК (рис. 10), следует выбрать режим "Гололед без ветра". При этом программа покажет провисание и проводов, и грозозащитного троса, и ВОК, соответствующее тому, которое произойдет в реальности при гололеде без ветра.

Схема расстановки опор синхронизирована с монтажной ведомостью ВОК: при перемещении курсора по таблице картина схемы расстановки опор изменяется таким образом, что изображается текущая опора.

Если, как показано на рис. 9, габарит не обеспечен, требуется искать решение. В случае нашего пилотного проекта возможных решений немного, так как в одном из режимов (наибольших нагрузок, среднеексплуатационном, низшей температуры) кабель оказался натянут до предела. В каком именно? Чтобы ответить, используем команду *Обоснование расчета*, которая применяется к текущему расчетному участку (участку с пролетом, следующим за текущей опорой).

На рис. 11 видно, что предел допустимого тяжения достигнут в режиме наибольших нагрузок. Решение при проектировании:

- увеличить для данного пролета высоту подвески ВОК (согласовав эту

№	Обозн. опоры	Дист. м	Плант. м	Пролет м	Угол	Марка опоры	Тип АП	Высота м	Тип мфт	Обозн. муфты	Марка муфты	Арматура муфты	Длина сек. м	Строит. длина м	Марка ВОК	Длина м	Допуст. тяжение	Натяжение	Габ. разл. м	Гасители вибр.	Кол-во, шт	Расстояние от последней	Высота ВОК	Смач. ВОК
1	Коп-1а	135	ПК0+00.00	135	0°	У110-2-5	A	29.7	Кон.				10	1.1	ОКПД-01-0.22-24(20)	5143	20197	Габарит	7	-	-	-	14.5	0
2	Коп-1	0	ПК0+00.00	191.1	-4°30'	У110-2	A	24.7									20197	Габарит	7	FR 35	1	-	9.5	0
3	Коп-2	191.1	ПК1+01.10	206.8		П5-110-4	П	22.5												FR 35	1	-	12.5	0
4	Коп-3	396	ПК3+06.00	93.74		П5-110-4	П	22.5												FR 35	1	-	12.5	0
5	СЛ-4	491.7	ПК4+01.70	53.41	-48°	УС110-8	A	35.7	Возвр.				20	1.1	ОКПД-01-0.22-24(20)	5143	20197	Габарит	7	-	-	-	9.5	0
6	Коп-5	545.1	ПК5+45.10	251.3	48°	УС110-6	A	33.5												FR 35	2	-	14.5	0
7	Коп-6	796.4	ПК7+06.40	206.8		П5-110-4	П	22.5												FR 35	1	-	12.5	0
8	Коп-7	1003	ПК10+03.20	227.7		П5-110-4	П	22.5												FR 35	1	-	12.5	0
9	Коп-8	1231	ПК12+03.90	246.8		П5-110-4	П	22.5												FR 35	1	-	12.5	0
10	Коп-9	1479	ПК14+07.50	210.9		П5-110-4	П	22.5												FR 35	1	-	12.5	0
11	Коп-10	1690	ПК16+00.40	260.4		П5-110-4	П	22.5												FR 35	2	-	12.5	0

Рис. 8. Монтажная ведомость

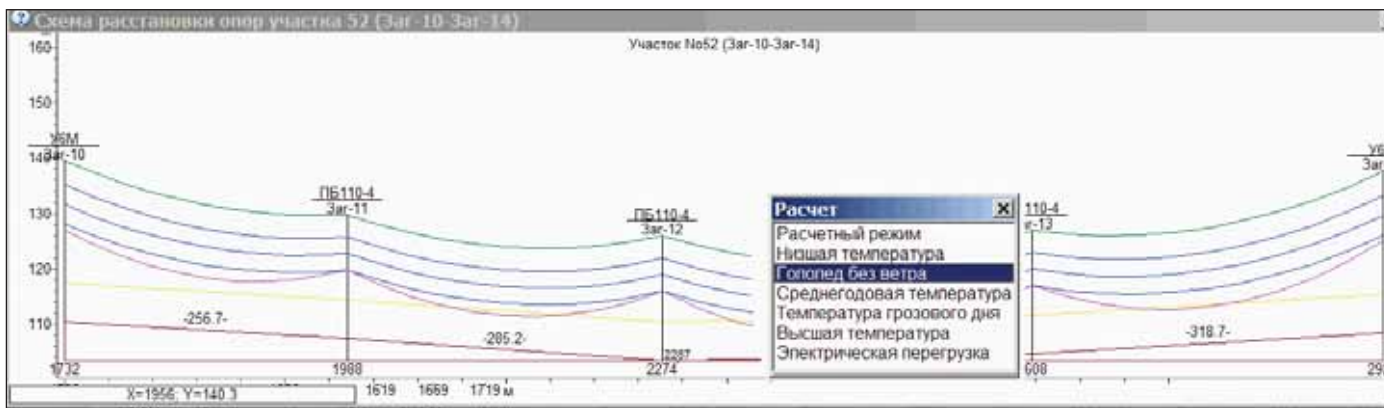


Рис. 9. Схема расстановки опор

Кривая провисания троса и ВОК

Участок Коп-14-Коп-20, пролет Коп-17-Коп-18
Кабель - ОНПД.01-0-22-24(20)
Гололед без ветра

От опоры	Отметка земли	Отметка провода	Отметка ВОК	Габарит ВОК	ВОК провода	Стрела провода	Стрела ВОК	Тяжение ВОК Н	Напряженность
0	120.1	132.5	132.0	12.45	0.018	0	0	16829	115.8
10	120.1	132.2	131.7	11.58	-0.4367	0.4301	0.8829	16819	115.8
20	120.2	131.8	131	10.85	-0.8168	0.7915	1.624	16802	115.7
30	120.2	131.6	130.5	10.26	-1.124	1.084	2.224	16788	115.6
40	120.2	131.4	130	9.81	-1.36	1.308	2.683	16778	115.6
50	120.2	131.3	129.7	9.496	-1.522	1.463	3.001	16771	115.5
60	120.3	131.2	129.6	9.322	-1.613	1.549	3.178	16768	115.5
70	120.3	131.2	129.6	9.286	-1.631	1.567	3.214	16768	115.5
80	120.3	131.3	129.7	9.389	-1.578	1.515	3.109	16771	115.5
90	120.4	131.4	130	9.632	-1.451	1.395	2.863	16777	115.5
100	120.4	131.7	130.4	10.01	-1.253	1.206	2.475	16787	115.6
110	120.4	131.9	131	10.53	-0.982	0.9468	1.947	16800	115.7
120	120.4	132.3	131.7	11.19	-0.6387	0.6224	1.277	16817	115.8
130	120.5	132.7	132.5	11.99	-0.2228	0.2272	0.466	16837	116
135.1	120.5	133	133	12.44	0.8162	0	0	16846	116

Рис. 10. Кривая провисания троса и ВОК

Обоснование режима ОК

ВЛ 110 кВ "Копановская"
Участок Коп-14 - Коп-20, Lпр=162.3 м,
жЛД.01-0-22-24(20), Sm=139.1 Н/кв мм, Sz=137.7

Приведенный пролет	186.4
Исходный режим	
Напряжение, Н/кв мм	115.5
Тяжение, Н	16767
Нагрузка, Н/(м*кв мм)	0.1628
Температура, °C	-5
Стрела провисания, м	6.13
Режим низшей температуры	
Допустимое напряжение, Н/кв мм	139.1
Расчетное напряжение, Н/кв мм	9.028
Расчетное тяжение, Н	1311
Удельная нагрузка, Н/(м*кв мм)	0.0101
Температура, °C	-40
Стрела провисания, м	4.878
Режим наибольшей нагрузки	Предель
Допустимое напряжение, Н/кв мм	139.1
Расчетное напряжение, Н/кв мм	139.1
Расчетное тяжение, Н	20197
Удельная нагрузка, Н/(м*кв мм)	0.0101
Температура, °C	-5
Стрела провисания, м	6.353
Режим среднегодовой температуры	
Допустимое напряжение, Н/кв мм	137.7
Расчетное напряжение, Н/кв мм	8.737
Расчетное тяжение, Н	1269
Удельная нагрузка, Н/(м*кв мм)	0.0101
Температура, °C	5
Стрела провисания, м	6.13
Режим гололеда без ветра	
Расчетное напряжение, Н/кв мм	115.5
Расчетное тяжение, Н/кв мм	16767
Удельная нагрузка, Н/(м*кв мм)	0.1628
Температура, °C	-5
Стрела провисания, м	6.13

Рис. 11. Обоснования расчетных режимов

операцию с заказчиком, если высота оголовья в контрарте);

- применить на этом участке более сильный кабель;
- поставить дополнительную опору для ВОК.

Так как в данном районе заданная стенка гололеда вероятно один раз в 10 лет, можно оставить этот пролет без внимания. Во всех остальных режимах требуемые условия выполняются.

В рассматриваемом расчете изначально применен принцип подвеса "по габариту". В этом случае программа подбирает минимальное тяжение оптического кабеля, обеспечивающее заданный габарит. Однако решения, предлагаемые программой, приемлемы не всегда: на малых пролетах тяжение определяется с излишним большим запасом. Случается, проигрывает и эстетика линии.

Для получения оптимального решения следует просмотреть каждый пролет (расчетный участок) и выбрать подходящее решение.

Проверка допустимости нагрузок на опору

По любой выбранной опоре можно получить расчет нагрузок на нее для множества расчетных режимов — в контекстном меню предусмотрена команда *Нагрузки на опору*. От пользователя потребуются только сопоставить наибольшие изгибающие моменты, действующие на опору с допустимыми значениями.

Документирование результатов

Результат работы программы — проектная документация, представленная в виде таблиц (они составляют основной объем итоговой документации) и чертежей. По проекту ВОЛС предусмотрены следующие таблицы:

- монтажная ведомость с перечнем опор, соединительных муфт, строительных длин, расстановкой гасителей вибрации и координат подвески

Все опоры линии.doc - Microsoft Word

Вставить текст...

Имя	Код	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Код_Пр_а	Наим_Пр_а	Объект	Монтажная ведомость
ГЛП	ГЛП	а	а	а	а	а	а	а	а
Нам. отдел	Нам. Отд.	а	а	а	а	а	а	а	а
Рук. группы	Рук. гр.	а	а	а	а	а	а	а	а
Исполнитель	Исп.	а	а	а	а	а	а	а	а
Чертежник	Чертежн.	а	а	а	а	а	а	а	а

Страница 1 из 1

НАУКА СВЯЗЬ

Рис. 12. Пример заполнения штампа в шаблоне

ВОК на каждой опоре — по каждому топологическому участку (трассе) отдельно;

- ведомость пересечений с указанием габаритов ВОК над пересечениями по каждому топологическому участку (трассе);
- ведомость арматуры и материалов по проекту;
- таблицы расчета нагрузок на опоры — выборочно по критическим и характерным опорам.

Документирование табличных результатов производится с использованием MS Word на основе заранее разработанных шаблонов.

В каждом шаблоне предусмотрен штамп, автоматически заполняющийся на основе параметров, введенных в модель. Чтобы штамп документа мог заполняться из программы, он готовится с использованием специальных полей MS Word в виде, представленном на рис. 12.

Документирование графической информации

В качестве итоговой информации по проекту ВОЛС формируется чертеж (набор чертежей) со схемой расстановки опор по трассе, подвеской ВОК с расчетом его кривой провисания в режиме наивысшей температуры и при гололеде. На схему расстановки опор также могут быть нанесены размерные линии с указанием габаритов пересечений, отметок пересечений и отметок точек крепления кабелей к опорам. В программе это действие выполняется с использованием команды *Результаты/Все опоры на чертежи*. Как результат, формируется таблица с перечнем всех опор, приведенная на рис. 13.

Далее из контекстного меню следует выбрать команду *Нанести на профиль*. Перед выполнением этой команды желательно, чтобы AutoCAD был загружен, а текущий открытый чертеж имел необходимые настройки (хотя это и не обязательно).

Программа выводит информацию в пространство модели. Пример оформления модели приведен на рис. 14. При этом итоговые чертежи формируются в пространстве листа, с заранее заготовленной рамкой и штампом — как показано на рис. 15.

В одном чертеже может быть предусмотрено большое число листов — например, столько, чтобы вывести всю линию в виде страниц документа. Из программы все участки можно вывести в один DWG-файл, а уже в нем оформить столько листов, сколько необходимо для документирования всего проекта. Перед передачей данных в AutoCAD предлагается настроенная таблица, где следует указать параметры формируемого чертежа. Программа на профиль всегда позволяет вывести за одну команду только одну ВЛ. Для каждого топологического участка команду понадобится повторить.

Заключение

Применение EnergyCS Line позволило сформировать полный комплект документов, касающихся проектирования линейной части ВОЛС. При этом было обеспечено значительное сокращение трудозатрат с одновременным повышением качества проекта.

Татьяна Юдина,
начальник ПТО

Светлана Голикова,
ведущий инженер-проектировщик
ООО "Наука-Связь Иваново"

Тел.: (4932) 34-5000
E-mail: t.yudina@345000.ru
golikova@345000.ru

Николай Ильичев
CSoft Иваново
Тел.: (4932) 33-3698
E-mail: ilichev@ivanovo.csoft.ru

№	Обозначение	Марка опоры	Тип	Материал	Примечание	Пакет	Дист. м	Угол °	Пропет м	План X м	План Y м	Отметка подвеса	Высота опоры	Отметка вершины	Отметка провеса	УГО
1	Коп-1а	У110-2+5	А	С		ПК0+00.00	-135.00	0°	135	0	-135	124	29.7	153.7	139.5	
2	Коп-1	У110-2	А	С		ПК0+00.00	0.00	-4°30'	191.1	0	0	123.8	24.7	148.5	134.3	
3	Коп-2	ПБ110-4	П	Б		ПК1+91.10	191.12		206.8	-14.99	190.5	121.2	22.5	143.6	133.6	
4	Коп-3	ПБ110-4	П	Б		ПК3+98.00	397.96		93.74	-31.22	396.7	118.9	22.5	141.4	131.4	
5	Коп-4	УС110-6	А	С		ПК4+91.70	491.70	-48°	53.41	-38.58	490.2	118.9	35.7	154.6	129.4	
6	Коп-5	УС110-6	А	С		ПК5+45.10	545.11	48°	251.3	-80.95	522.7	119.9	33.5	153.4	135.4	
7	Коп-6	ПБ110-4	П	Б		ПК7+96.40	796.37		206.8	-100.7	773.2	119.5	22.5	142	132	
8	Коп-7	ПБ110-4	П	Б		ПК10+03.20	1003.20		227.7	-116.9	979.4	119.6	22.5	142.1	132.1	
9	Коп-8	ПБ110-4	П	Б		ПК12+30.90	1230.91		248.6	-134.8	1206	120	22.5	142.5	132.5	
10	Коп-9	ПБ110-4	П	Б		ПК14+79.50	1479.47		210.9	-154.3	1454	120.5	22.5	143	133	
11	Коп-10	ПБ110-4	П	Б		ПК16+90.40	1690.36		280.4	-170.8	1694	119.4	22.5	141.9	131.9	
12	Коп-11	ПБ110-4	П	Б		ПК19+70.80	1970.78		188.1	-192.8	1944	118.6	22.5	141.1	131.1	
13	Коп-12	ПБ110-4	П	Б		ПК21+58.80	2158.84		245.6	-207.6	2131	119.5	22.5	142	132	
14	Коп-13	ПБ110-4	П	Б		ПК24+04.40	2404.42		262.4	-226.8	2376	122	22.5	144.5	134.5	
15	Коп-14	УС110-6	А	С		ПК26+66.90	2666.85	-52°20'	172	-247.4	2638	120.3	33.5	153.8	135.8	
16	Коп-15	ПБ110-4	П	Б		ПК28+38.80	2838.84		186.4	-391.4	2732	120	22.5	142.5	132.5	

Рис. 13. Таблица с перечнем опор

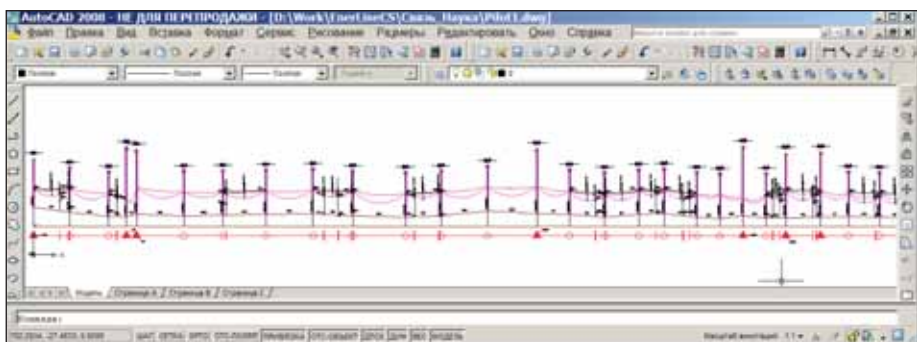


Рис. 14. Вид в пространстве модели

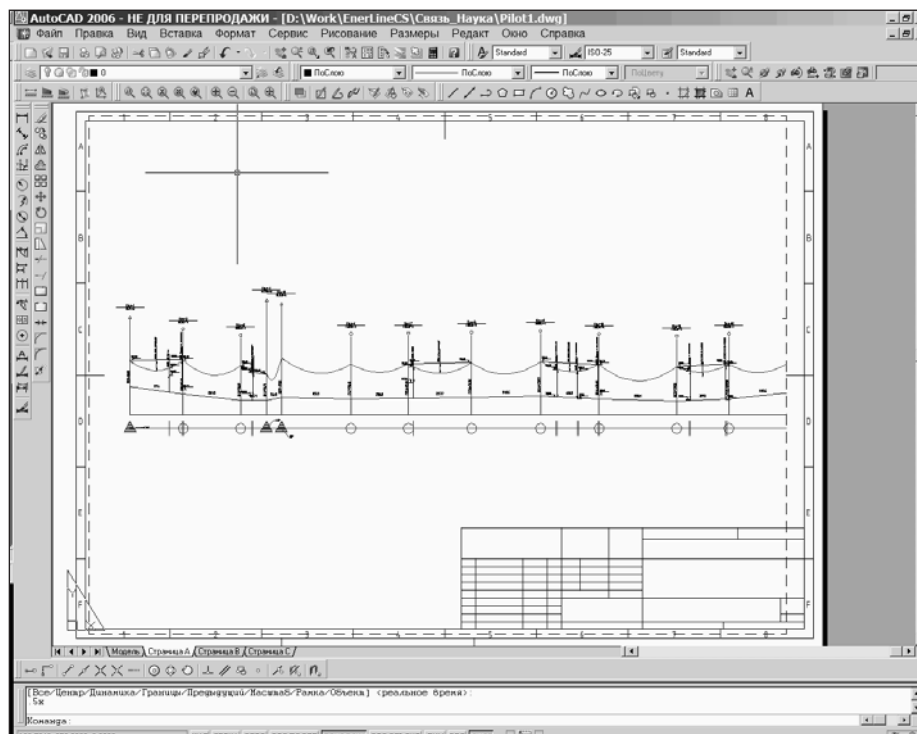


Рис. 15. Вид в пространстве листа