

Прирученная автоматизация

или Как выполнить проект в Model Studio CS ЛЭП

Тот, кто начал работать с Model Studio CS, никогда не захочет иного решения!



Рис. 1. Задание рабочей области

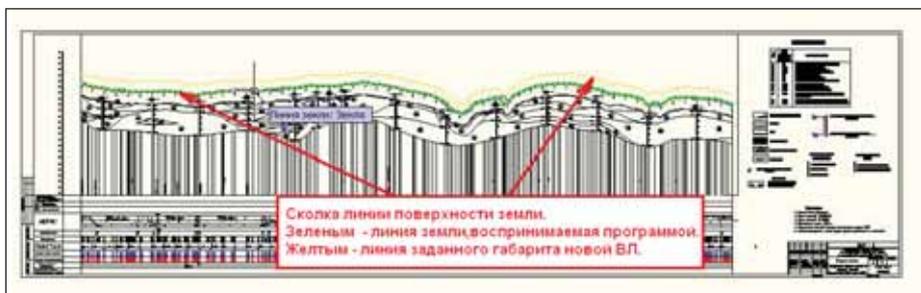


Рис. 2. Сколка линии земли

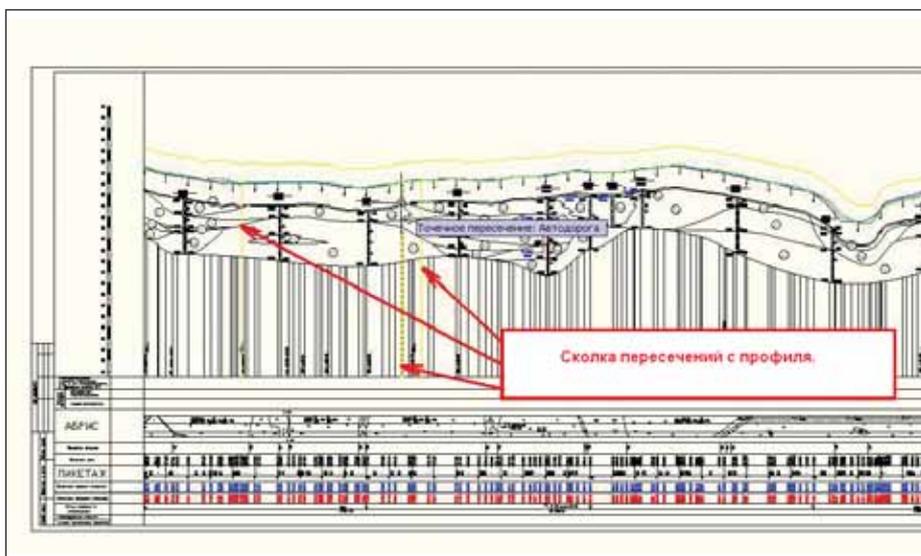


Рис. 3. Сколка пересечений

Сегодня Model Studio CS ЛЭП – это вполне состоявшийся и успешно развивающийся программный продукт, который приняли пользователи и на который равняются конкуренты. Да что говорить, если его уже указывают в резюме и ссылаются в диссертациях!

Не будем скрывать: уже год назад, выпуская новый софт, мы были уверены, что пользователи получают революционный продукт, обеспечивающий проектировщика много большим, чем набор инструментов, – сверхскоростным помощником, адекватно реагирующим на его действия, помогающим осознать правильность принятых решений и подтверждающим это расчетом.

Подготовка

На первом, подготовительном этапе работы производится обработка всех имеющихся исходных данных. Данные обычно поступают от разных смежников: одна часть (в виде профиля или плана) приходит из отдела изысканий, другая – из отдела электроснабжения, третью часть составляет то, что следует подготовить самостоятельно.

Количество действий для подготовки профиля зависит от качества исходной информации и от тех программ, в которых делались чертежи. Наиболее частый вариант – плоский чертеж, выполненный в AutoCAD и передаваемый в формате DWG.

Обработка такой чертеж – это совсем несложно и делается очень быстро. Для обработки необходимо выделить область (рис. 1), с которой будет проводиться работа, сколоть линию поверхности земли (рис. 2) и указать все пересечения на профиле (рис. 3). Все это делается специальными инструментами, которые значительно упрощают работу.

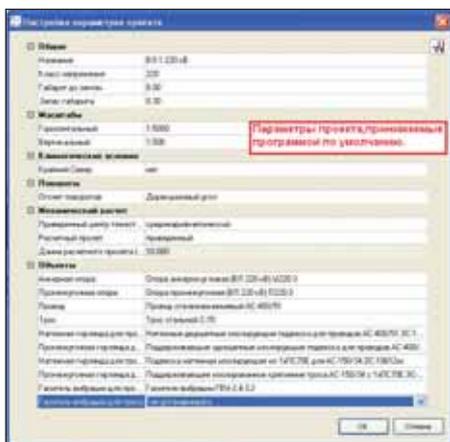


Рис. 4. Параметры проекта

После того как исходные данные о профиле подготовлены, нужно задать параметры, используемые системой по умолчанию. К таким параметрам относится информация, полученная из электротехнического отдела или самостоятельно на основании расчета, а именно тип провода, который обеспечит должную пропускную способность ВЛ данного класса напряжения. Еще может поступить информация от связистов, указывающих, например, что вместо обычного грозотроса нужно установить ОКГТ.

В том же диалоговом окне (рис. 4) задаем основные параметры проектируемой ВЛ, опоры, комплекты арматуры, гасители вибрации, климатический район, допустимый габарит.

Проект расстановки опор

На втором этапе, назовем его "Проект расстановки опор", производится расстановка анкерных и промежуточных опор, механический расчет и отрисовка кривых провисания проводов.

Первым делом после подготовки профиля/плана производим расстановку анкерных опор (рис. 5). Затем на каждом анкерном участке расставляем промежуточные опоры: либо в автоматическом режиме (рис. 6), либо в ручном, на основе автоматически формируемых лекал (рис. 7).

Автоматическая расстановка опор осуществляется исходя из множества критериев, в том числе и с учетом топографических особенностей рельефа. Например, на профиле могут быть переходы через реки, болота, автомагистрали, железные дороги и другие объекты. Всё это необходимо учитывать и на этапе подготовки при задании пересечек.

Программа Model Studio CS ЛЭП выполняет расчеты в момент установки опор на профиль и отрисовывает кривые

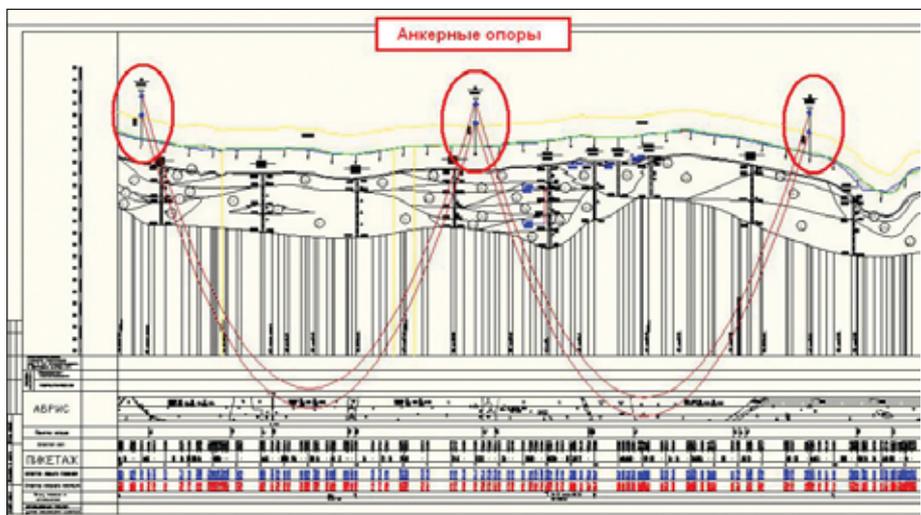


Рис. 5. Расстановка анкерных опор ВЛ 220 кВ

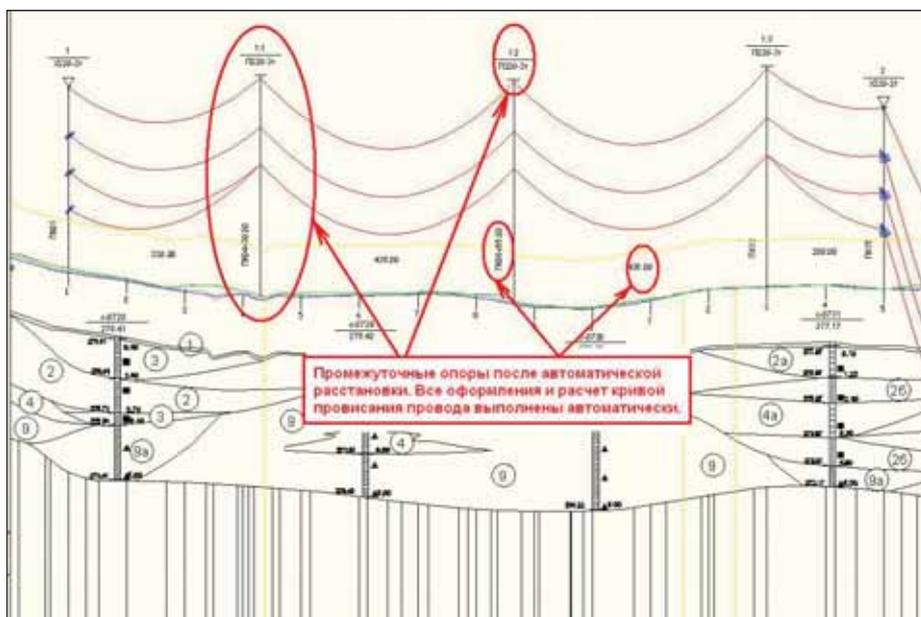


Рис. 6. Автоматическая расстановка промежуточных опор

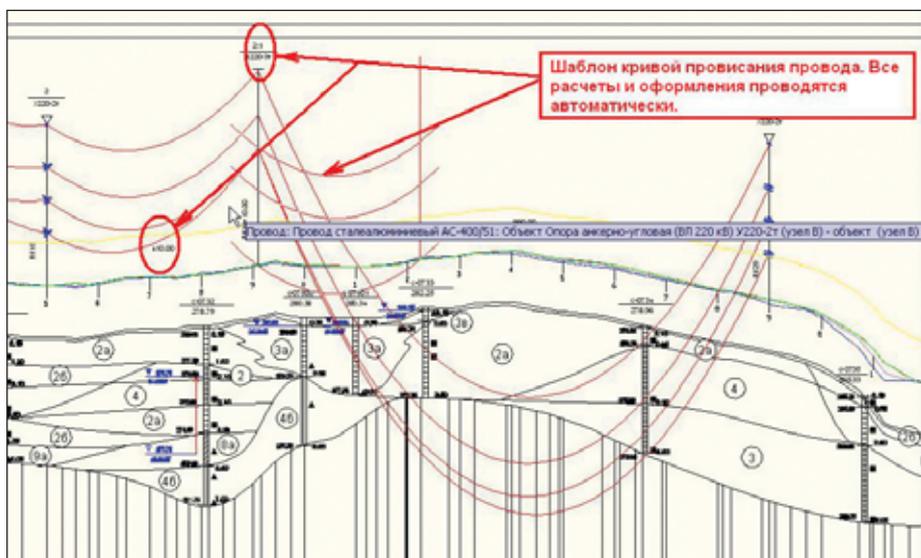


Рис. 7. Ручная, с использованием шаблона, расстановка промежуточных опор

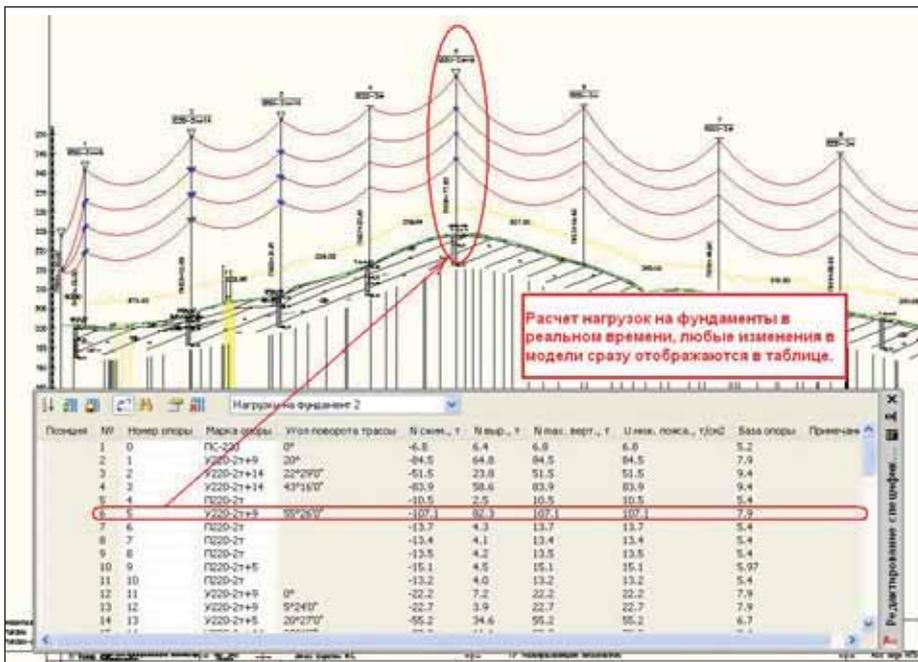


Рис. 8. Расчет нагрузок на фундаменты опор в реальном времени

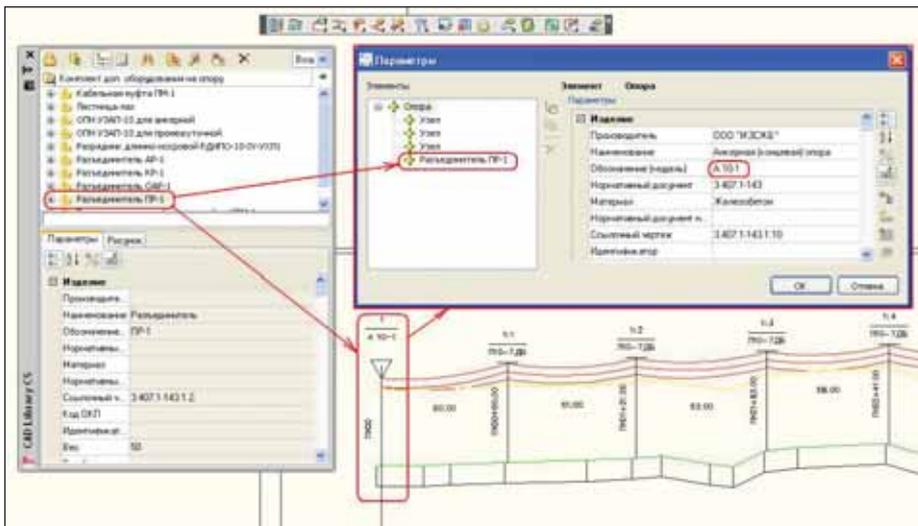


Рис. 9. Установка любого дополнительного оборудования на опоры

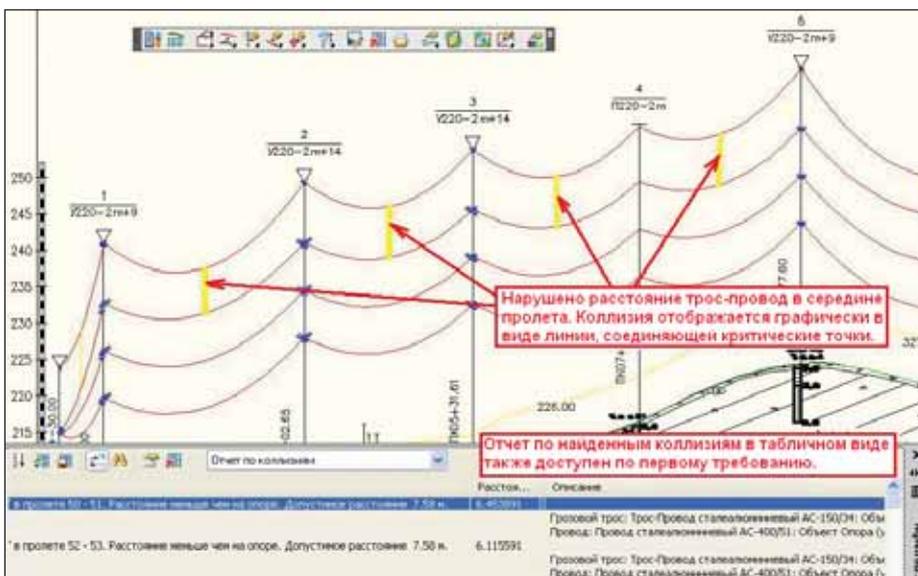


Рис. 10. Обнаруженные коллизии отображаются графически и в табличном виде

провеса провода (рис. 8). Иными словами, сразу после установки опоры на профиль вы можете видеть все результаты расчетов провода, нагрузки на опоры и прочие. Эти расчеты автоматически обновятся при перемещении опоры, ее замене на другую, замене провода или любом другом изменении. Можно, например, поменять заход ВЛ: с одной стороны анкерной опоры есть грозотрос, а с другой нет – в расчете нагрузок это будет учтено немедленно.

Еще один важный момент, который реализован в Model Studio CS – это установка различного дополнительного оборудования на опоры и провода. Предположим, что для нашей ВЛ на 0,4 кВ требуется учесть в спецификации разъединитель, установленный на опоре. Берем этот разъединитель из базы данных, устанавливаем на нужную опору или сразу на несколько, два щелчка мыши – и всё на своих местах (рис. 9).

Таким же образом можно устанавливать ОПН, муфты, другое оборудование и изделия. После установки дополнительного оборудования все расчеты будут мгновенно обновлены, а его вес учтен в расчете нагрузок на опору.

Давайте рассмотрим еще и такой вариант: у нас двухцепная линия на 330 кВ с расщепленной фазой. Заходим в свойства провода, задаем число цепей и конструкцию фазы. Провод пересчитывается мгновенно, уже с учетом нового конструктива. В нагрузках на опоры вся информация тоже обновится в соответствии с расчетом.

Система всегда содержит точную и актуальную информацию по результатам расчета, что особенно важно при проектировании.

Проверка решения

"Проверка решения" – это не этап, а скорее вспомогательный инструмент, который позволит найти различного рода нарушения нормативных документов, случайно допущенные проектировщиком.

Теперь, когда опоры расставлены, запускаем на анкерном участке или на всем профиле проверку модели на коллизии. Осуществляется проверка по грозозащите по допустимым расстояниям от опор, провод/тросов до пересечений.

Информация о всех найденных коллизиях выводится графически и в табличном виде (рис. 10). После анализа обнаруженных коллизий устраняем их – при грамотном подходе это не займет много времени.

Проверка на предмет коллизий выполняется в любой момент по усмотрению проектировщика.



Рис. 11. Перемещение опоры дальше от подземного трубопровода

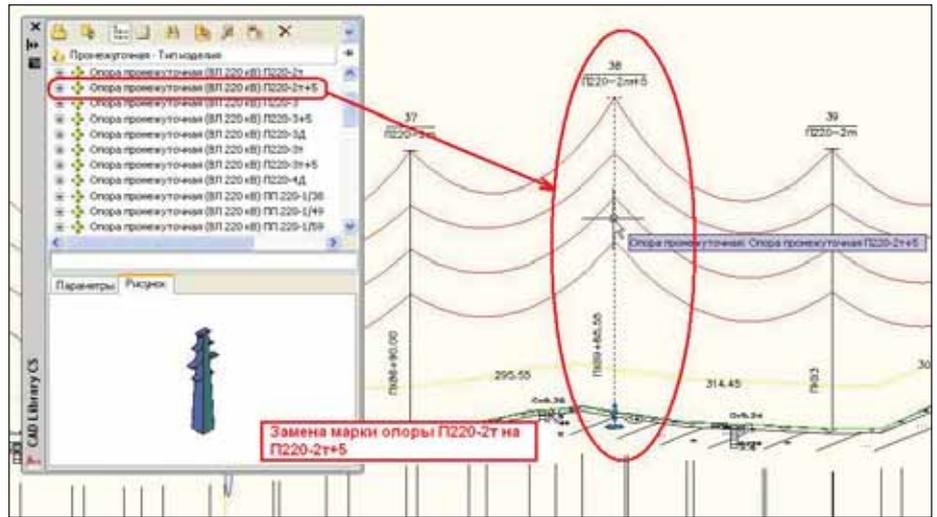


Рис. 12. Замена существующей опоры на новую из базы данных

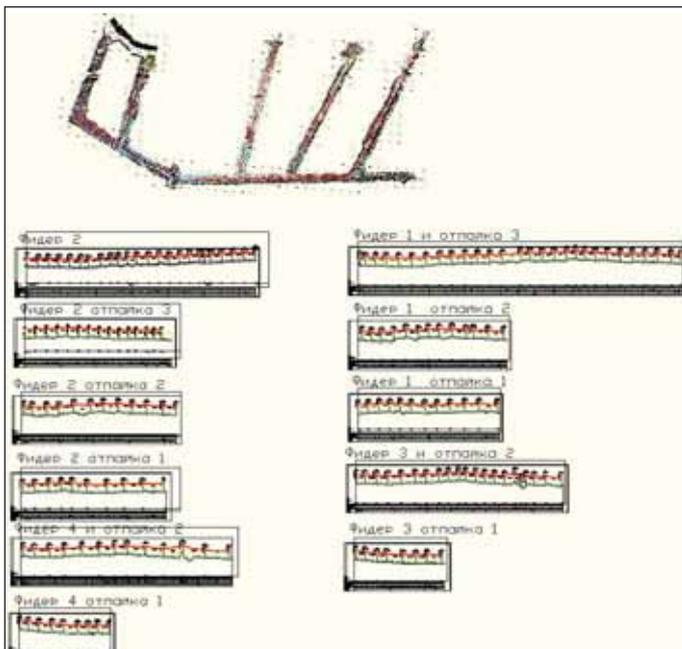


Рис. 13. Оформленный профиль и план трассы ВЛ 10 кВ

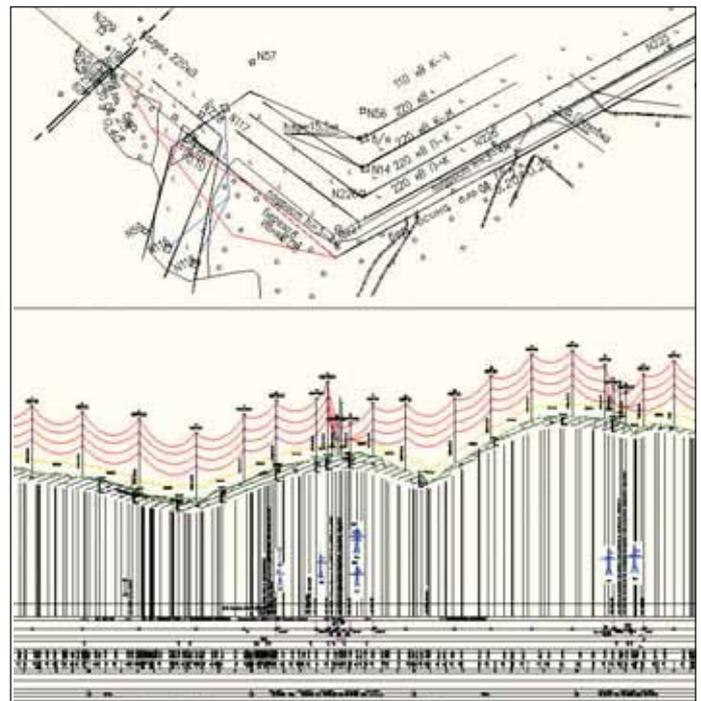


Рис. 14. Оформленный профиль и план трассы ВЛ 220 кВ

Линейный участок			Вспомогательный пролет			Монтажные стрелы провеса проводов и троса и при температуре воздуха t, в монтажные сезоны											
Номера опор, опор	Длина, м	Приведенная пролетная длина, м	Номера опор, опор	Длина, м	Марка	Шпильки	t, в монтажные сезоны										
							-40	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40		
1-2	3400,000	290,448	1-1,1	240,000	АС-120/18	Стрела, в	1103,17	1001,79	818,28	644,91	472,71	308,32	151,97	54,36	6,00	0,70	
							940,62	811,85	615,76	468,26	323,38	203,88	121,59	60,75	34,00		
							5,368	8,578	8,793	6,624	6,063	6,250	6,423	6,583	6,741		
							2,818	4,202	4,607	5,052	5,441	5,768	6,130	6,525	6,950		
							0,797	1,212	1,232	1,446	1,662	1,871	2,076	2,279	2,478		
							0,167	0,212	0,222	0,446	0,662	0,871	1,076	1,279	1,478		
							0,018	0,022	0,022	0,046	0,066	0,087	0,107	0,127	0,147		
							0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002		
							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
2-3	2480,000	250,000	2-2,1	210,000	АС-120/18	Стрела, в	1001,80	800,31	600,31	400,31	200,31	100,31	50,31	25,31	12,65		
							800,31	600,31	400,31	200,31	100,31	50,31	25,31	12,65			
							4,224	6,840	7,951	6,840	6,250	6,423	6,583	6,741			
							2,318	3,430	3,835	4,280	4,669	5,094	5,549	6,034			
							0,797	1,212	1,232	1,446	1,662	1,871	2,076	2,279			
							0,167	0,212	0,222	0,446	0,662	0,871	1,076	1,279			
							0,018	0,022	0,022	0,046	0,066	0,087	0,107	0,127			
							0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			
							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			

Рис. 15. Монтажные стрелы провеса и тяжения провода и троса

- Рассмотрим несколько примеров.
- Не соблюдается расстояние по грозозащите между проводом и тросом, можно уменьшить тяжение в проводе. Это сразу, в онлайн-режиме, отобразится на чертеже.
- Не соблюдается расстояние от опоры до подземного трубопровода. Можно подвинуть опору мышкой прямо на чертеже, а можно вводом длины пролета до соседней опоры (рис. 11).
- Нет возможности подвинуть опору или при ее перемещении не соблюдается габарит ВЛ. Меняем марку опоры, берем опору с подставкой. Два клика мыши – и мы видим новую ситуацию (рис. 12).
- Нагрузка на опору превышает допустимую. Уменьшаем тяжение провода, смотрим габарит ВЛ.

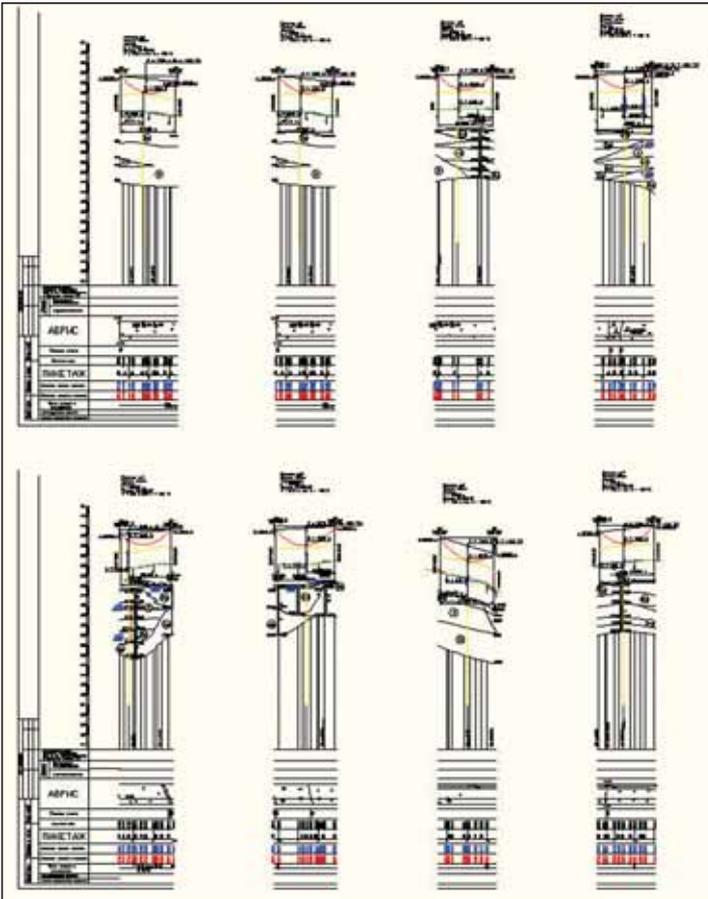


Рис. 16. Оформленные переходы ВЛ через пересечение

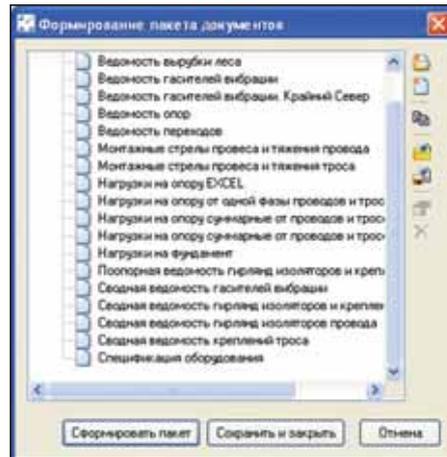


Рис. 18. Пакетный вывод документов

Мы привели лишь несколько ситуаций, в которых с помощью программы легко находят оптимальные решения...

Документирование

Этот этап, пожалуй, самый важный с точки зрения проекта. Мы выпускаем чертежи, спецификации, ведомости и прочую документацию.

Model Studio CS ЛЭП автоматически формирует следующие виды документов:

- оформленный продольный профиль и план (рис. 13, 14);
- монтажные стрелы провеса и тяжения провода и троса (рис. 15);
- оформленные переходы ВЛ через пересечения (рис. 16);
- различные спецификации и ведомости (рис. 17).

При всей его важности процесс формирования выходной документации – самый быстрый и простой для пользователя: специальные функции обеспечивают вывод как отдельных документов, так и автоматический выпуск целого пакета (рис. 18). Требуется только нажать одну-единственную кнопку.

Вывод документации возможен на любом этапе проектирования, что позволяет пользоваться промежуточными результатами для принятия проектных решений.

Наряду с "бумажными" документами, выпускаемыми Model Studio CS, для большинства таблиц предусмотрена возможность просмотра и в онлайн-режиме, без генерации документа. Такой режим позволяет одновременно редактировать и документ, и модель – например, менять марки, типы опор и смотреть, как меняются нагрузки на них, выбрать оптимальные пролет, марку опоры, комплект арматуры.

Качество программы и документов

Одно из важнейших преимуществ Model Studio CS ЛЭП – возможность формировать документ с пошаговым решением расчетных задач! Наша программа не просто производит расчеты, но и показывает само решение задачи с пошаговым выводом промежуточных действий. О сложности подобной задачи свидетельствует тот факт, что даже специальные математические пакеты (Mathcad, Maple и т.д.) не всегда позволяют получить промежуточные вычисления в аналитической форме. Такое положение дел объясняется хотя бы тем, что компьютер считает несколько по-иному, нежели человек.

Сам расчет выполняется мгновенно, результаты всегда доступны и обновляются при любых действиях инженера. Эти результаты можно вывести в виде стандартных форм

№ опор	Шифр опор	Гирлянда изоляторов			
		Назначение	Обозначение	№ чертежа	Кол. шт.
1	У110-2	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
1:1	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
1.2	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
1.3	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
1.4	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
1.5	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
1.6	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
1.7	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
1.8	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
1.9	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
2	У110-2	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	2
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	6
2:1	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
2.2	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
2.3	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
2.4	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
2.5	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
2.6	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3
2.7	П110-2В	Трос	ЭС-10589	122761м-1.2	1
		Провод	ЭС-10589	122761м-1.2	3

Рис. 17. Поопорная ведомость гирлянд изоляторов

документов – например как очень информативную и наглядную таблицу нагрузок на опору от проводов и тросов (рис. 19). Казалось бы, вопросов нет, бери и передавай эти данные в строительный отдел. Но как проверить, верны ли эти значения? Вот в этих случаях и оказывается полезной, что называется, "мечта лентяя": просто нажимаем кнопку и получаем девяностостраничный отчет с подробным разбором формул и зависимостей для расчета нагрузок на опоры и фундаменты ЛЭП.

В качестве примера, иллюстрирующего уникальные возможности Model Studio CS ЛЭП, приведем журнал проверочного расчета нагрузок на опоры и фундаменты (рис. 20).

В отчете детально описано все: от тяжений провода до выбора расчетного режима и проверки максимального напряжения в нижнем поясе опоры. Такие возможности Model Studio CS позволяют снять любые сомнения в качестве расчетов и обеспечивают проектировщика пуленепробиваемым аргументом в защиту качества его решений.

Заключение

Речь идет уже не просто о получении выходной документации или инженерном калькуляторе. Model Studio CS ЛЭП – это одна программа, один модуль, одно решение, одна среда проектирования, располагающая множеством инновационных инструментов. Это новые возможности проверки и реализации проектного замысла.

Очевидно, что искусство проектировщика в сочетании с высокими технологиями – основа уникальных новаторских решений, позволяющая создавать по-настоящему ресурсоэффективные объекты инфраструктуры.

Ну и в завершение – еще раз о самом важном. Для тех, кто любит читать с конца.

- Model Studio CS ЛЭП – это одна программа, одна среда проектирования, не разделенная модулями или промежуточными файлами. Это единое решение, работающее с единой целостной моделью проекта непосредственно в среде AutoCAD.
- Программа Model Studio CS ЛЭП предназначена для проектирования ВЛ всех классов напряжения (от 0,4 до 750 кВ).
- Model Studio CS ЛЭП – это цельная программа, работающая по принципу "Установи и работай!"

Стенан Воробьев

CSoft

Тел.: (495) 913-2222

E-mail: vorobev@csoft.ru

Рис. 19. Таблица нагрузок на опоры

ОПОРА	НАГРУЗКИ
ВЛ220	
5 (6) У220-2т+9 Анкерная 55°26'0"	<p>РАСЧЕТ НАГРУЗОК ОТ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ Расчетный режим (далее режим гололеда)</p> <p>провод</p> $l^{np} = l_{лев}^{np} + l_{прав}^{np} = (110.0 + 163.5) = 273.5 \text{ (м)}$ <p>Ветровая нагрузка на опору от провода определяется:</p> $P_{ветр}^{np} = 1.4(P_{лев}^{np} l_{лев}^{np} m_{лев} + P_{прав}^{np} l_{прав}^{np} m_{прав}) = 1.4 * (6.35 * 110.0 * 6 + 5.97 * 163.5 * 6) = 14059.11 \text{ (Н)}$ <p>m – количество проводов в пролете</p> <p>Нагрузка на опору от веса провода определяется:</p> $P_{вес_лев}^{np} = 1.1 P_{лев}^{np} l_{лев}^{np} + 2 P_{лев}^{np} l_{лев}^{np} m_{лев} + 1.1 P_{ст_лев_гололед}^{np} = 1.1 * 14.61 * 110.0 + 2 * 17.68 * 110.0 + 1.1 * 1475.85 = 7280.13 \text{ (Н)}$ $P_{вес_прав}^{np} = 1.1 P_{прав}^{np} l_{прав}^{np} + 2 P_{прав}^{np} l_{прав}^{np} m_{прав} + 1.1 P_{ст_прав_гололед}^{np} = 1.1 * 14.61 * 163.5 + 2 * 17.68 * 163.5 + 1.1 * 1475.85 = 10031.56 \text{ (Н)}$
	$731980.78) / 2 = -174931.19 \text{ (Н)}$ $H_{21} = \frac{\sum P_1}{4} - \frac{M_{вр}}{4b} + 1.05 \frac{N_1 + N_2}{2} = 37938.67 / 4 - 0.00 / (4 * 7.90) + 1.05 * (-264713.01 + 731980.78) / 2 = 315699.97 \text{ (Н)}$ $H_{31} = \frac{\sum P_1}{4} + \frac{M_{вр}}{4b} + 1.05 \frac{N_3 + N_4}{2} = 37938.67 / 4 + 0.00 / (4 * 7.90) + 1.05 * (132691.57 + -864002.22) / 2 = -313553.70 \text{ (Н)}$ $H_{41} = \frac{\sum P_1}{4} + \frac{M_{вр}}{4b} - 1.05 \frac{N_3 + N_4}{2} = 37938.67 / 4 + 0.00 / (4 * 7.90) - 1.05 * (132691.57 + -864002.22) / 2 = 454322.48 \text{ (Н)}$ <p>Расчетная вырывающая вертикальная нагрузка в каждом из режимов (наибольшая из четырех значений данного режима)</p> $H_{\parallel} = 634677.81 \text{ (Н)}$ <p>Расчетная вырывающая вертикальная нагрузка в каждом из режимов (наибольшая из четырех значений данного режима)</p> $H_{\perp} = 454322.48 \text{ (Н)}$

Рис. 20. Отчет по расчету нагрузок на опоры и фундаменты