

Организация инженерных вычислений в среде проектирования

Model Studio CS

Model Studio CS – решение для инженера

Мы продолжаем знакомить вас с семейством программ Model Studio CS. Эта статья посвящена такому важному для САПР аспекту интерфейса пользователя, как организация инженерных вычислений.

Очевидно, что на все сто процентов автоматизировать процесс проектирования невозможно, а это значит, что последнее слово всегда остается за человеком. Он принимает основные проектные решения и несет за них полную ответствен-

ность. Поэтому проектировщику должен быть обеспечен полный доступ к промежуточным результатам инженерных вычислений. Их оценка способствует принятию эффективных решений, помогает находить ошибки в исходных данных, проверять достоверность полученных результатов. При этом необходимо учитывать требования наглядности, легкости восприятия, компактности представления информации, удобства и простоты ее корректировки.

К сожалению, те, кто больше всего нуждаются в этой ценной информации,

как правило, не могут ее получить. Для вычислений и их документирования проектировщику зачастую приходится использовать разнородный набор программных средств. Соответственно, техническая информация рассредоточена и ни о какой согласованности в данных говорить не приходится. В лучшем случае разработчики пытаются объединить модули с помощью промежуточных файлов и специальных средств синхронизации. Но даже когда появляется некое подобие единой среды проектирования, такие комплексы обычно имеют "вход" для ввода информации и "выход" для отображения результатов, а механизм работы малопонятен и к тому же скрыт в компьютерном коде или ячейках различных таблиц.

Эти важные моменты изначально учитывались при разработке концепции Model Studio CS, которая основана на следующих принципах:

- ориентация на инженерно-технические работы с учетом отечественных методик;
- работа с единой моделью объекта;
- работа в трехмерном пространстве;
- интерактивность технологии проектирования;
- расчеты в реальном времени;
- интуитивно понятный интерфейс;
- комплексность представления информации;
- тотальный контроль качества.

Это позволило создать эффективную и высокоинтуитивную инженерную среду, которая предоставила проектировщику возможность быстро осуществить анализ исходных данных, выбрать методике проектирования, произвести требуемые инженерные вычисления, обосновать принятые допущения, а также обмениваться этой информацией.

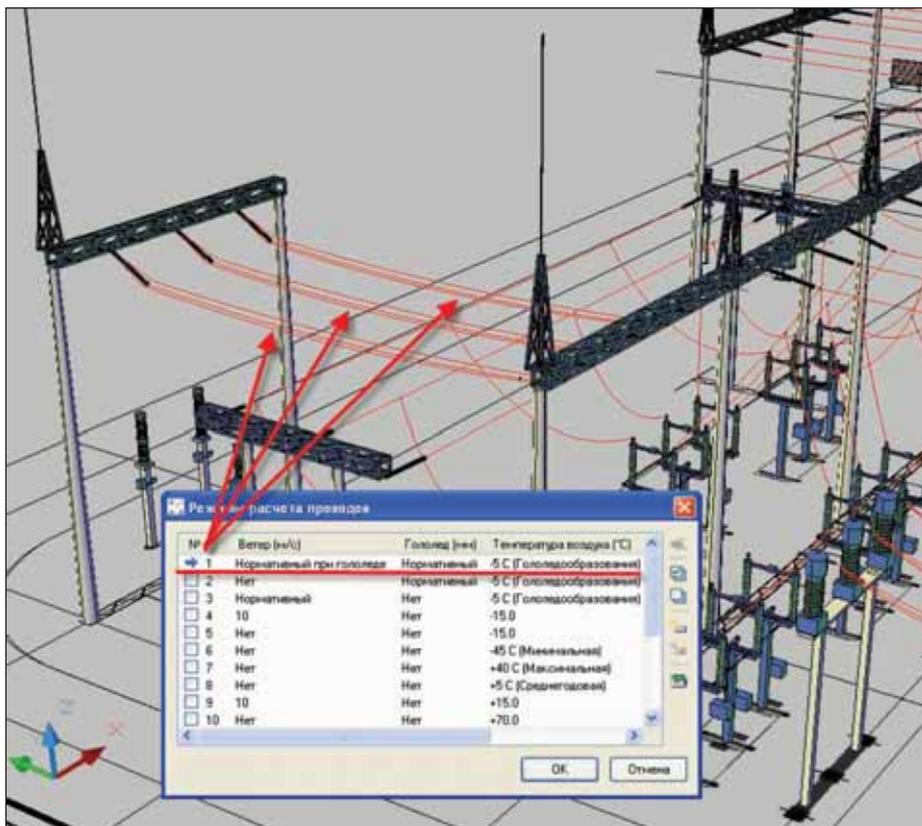


Рис. 1. Трехмерная визуализация механического расчета провода

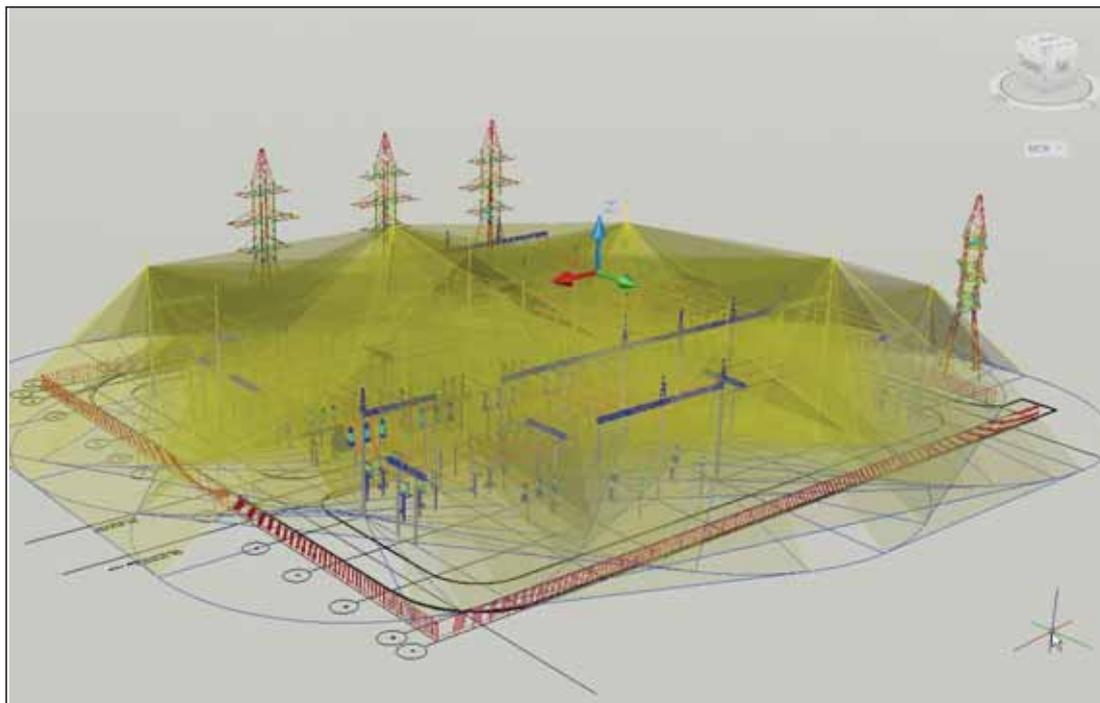


Рис. 2. Трехмерная визуализация расчета зон молниезащиты

Работа с единой моделью объекта подразумевает, что любое редактирование с помощью любого инструмента прямо влияет на состояние модели и мгновенно обновляет все представления информации. Поэтому в любой момент можно быть уверенным в согласованности данных во всех подсистемах.

Давайте теперь на конкретных примерах посмотрим, какие же способы и инструменты инженерного контроля и поддержки принятия решений предусмотрены в Model Studio CS. Многое из того, что будет сказано ниже, уже известно из наших предыдущих публикаций и успешно используется пользователями. Здесь мы попытаемся систематизировать этот опыт с точки зрения заявленной темы.

Геометрическое моделирование

Несомненным преимуществом геометрического моделирования, а в особенности трехмерного проектирования компоновочных решений является возможность создания виртуального макета объекта. Сама графическая модель уже содержит большое количество информации о проектируемом объекте, причем в наглядной и интуитивно понятной форме, поэтому **самый очевидный способ контроля — это визуальный анализ**.

Так, в Model Studio CS ОПУ подсистема расчета провода визуализирует его положение в трехмерном пространстве с учетом любых атмосферных явлений, в том числе и отклонение под воздействием ветра (рис. 1). Возможность одновременно просматривать все расчетные режимы позволяет не только произвести сравнительный

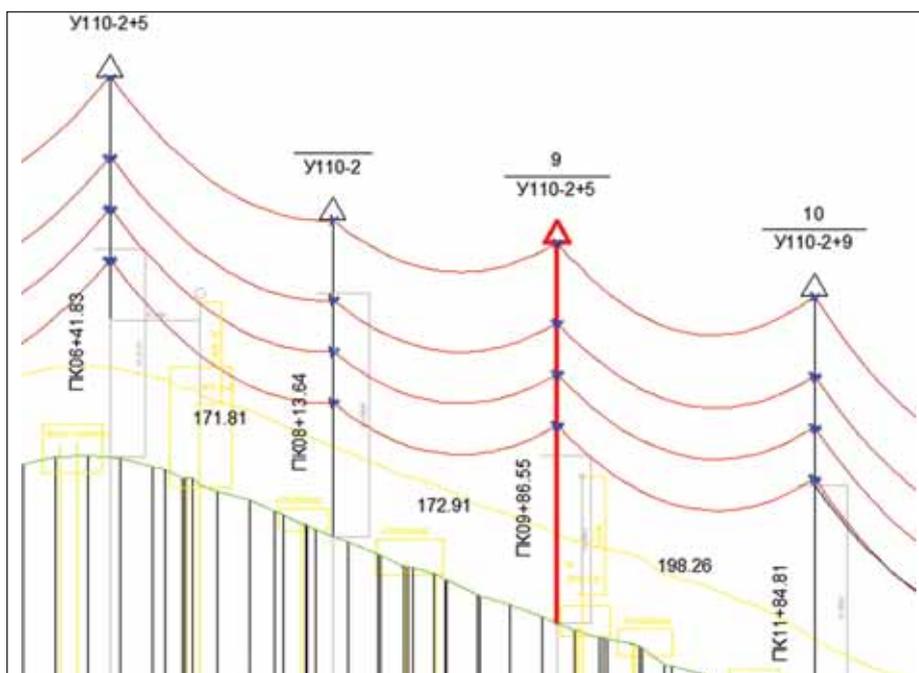


Рис. 3. Превышение нагрузок на опору

анализ, но и оценить компоновочное решение подстанции исходя из требований к соблюдению безопасных промежутков.

Другой пример. В Model Studio CS Молниезащита при размещении молниеприемника автоматически рассчитывается и строится соответствующая трехмерная зона защиты (рис. 2). Такое наглядное представление результатов сложных инженерных вычислений позволяет быстро и точно оценить допустимость созданной конфигурации системы молниезащиты и действенность вносимых изменений.

Напомним, что все подсистемы расчетов работают в режиме реального времени — с динамическим обновлением графики при любых изменениях параметров объекта. В Model Studio CS ЛЭП, если пользователь ввел недопустимые значения параметров, влияющих на провисание, провод будет отрисован прямой линией, соединяющей опоры. Это сигнализирует о некорректности условий расчета. А в случае превышения нагрузок на опору она будет выделена цветом (рис. 3). **Такой подход позволяет существенно упростить и ускорить процесс выявления недопустимых состояний модели.**

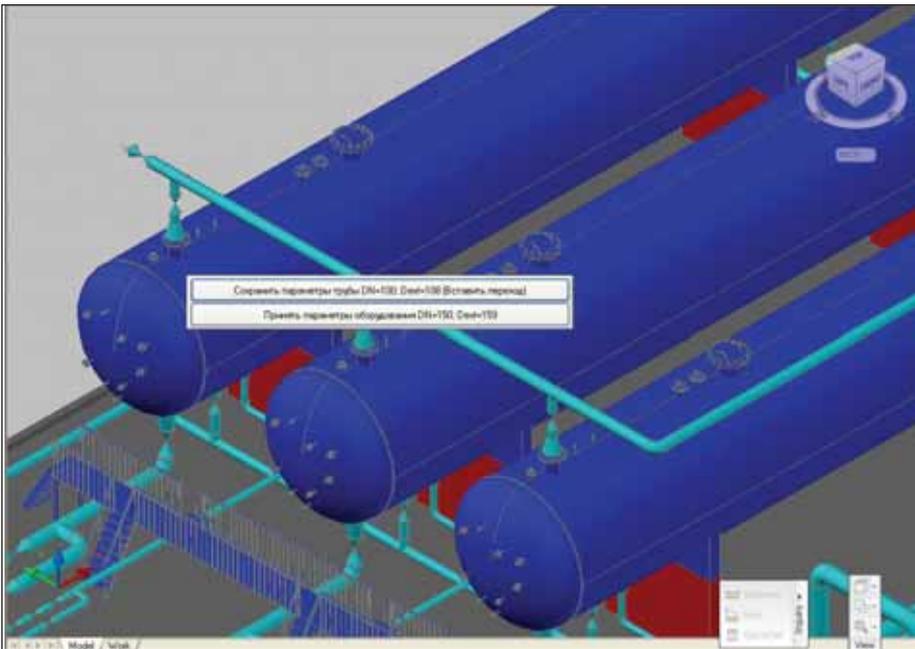


Рис. 4. Автоматическая корректировка элементов трубопровода

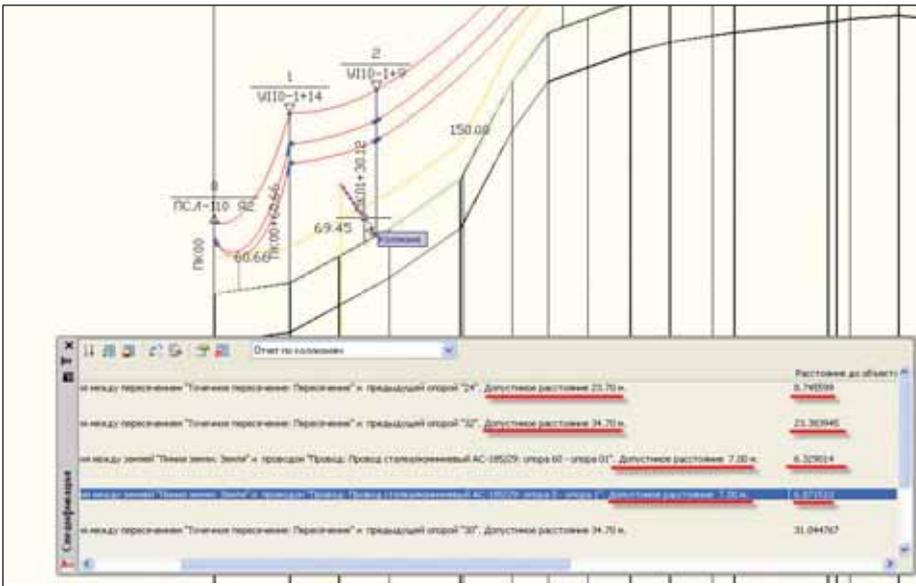


Рис. 5. Отчет об обнаруженных нарушениях допустимых расстояний

Интерактивность предполагает в том числе и отслеживание корректности изменений геометрической модели. Любая из программ линейки Model Studio CS непрерывно отслеживает действия пользователя и выдает диагностические сообщения об ошибках и неверных действиях. При этом в зависимости от настроек программа либо не позволит произвести такое изменение, либо запросит у проектировщика подтверждение, либо самостоятельно скорректирует модель. К примеру, Model Studio CS Трубопроводы автоматически отслеживает диаметры трубопровода и при изменении диаметра отдельного элемента (например, арматуры) автоматически корректирует соединенные элементы. Если при этом требуется вставка перехода, программа запросит

подтверждение, а после вставки проверит все соединенные элементы, изменяя их диаметры на необходимые (рис. 4).

Многочисленные проверки правильности моделирования облегчили работу проектировщика, позволяют выполнять более качественный пространственный анализ. И все же надо признать, что при усложнении трехмерной модели процесс визуального анализа становится трудоемким — в силу объективных психофизиологических причин, вызванных ограниченностью зрительного восприятия человека. Поэтому в программный комплекс Model Studio CS включена специальная **подсистема анализа коллизий, которая оснащена высокоуровневыми средствами проверки геометрической согласованности модели.** Она становится незаме-

нимой, когда требуется выполнить проверку нарушений предельно допустимых расстояний. Информация о коллизиях, обнаруженных в процессе проверки, содержит сведения об источнике возникновения коллизии, ее причине, а также определяет количественное несоответствие требованиям нормативной документации (рис. 5).

Табличный интерфейс

Итак, мы убедились, что интеллектуальные объекты Model Studio CS содержат необходимый и достаточный набор параметров, которые используются в процессе проектирования и документирования. В то же время, хотя интерактивное манипулирование графическими формами составляет значительную часть работы пользователя Model Studio CS, нецелесообразно даже пытаться визуализировать и редактировать всю информацию исключительно в геометрической модели. Это привело бы к ее избыточности, а то и вовсе оказалось бы невозможным. Поэтому **мы внимательно отнеслись и к средствам табличного интерфейса: диалоговым окнам и электронным таблицам.**

Увеличение количества средств ввода-вывода упрощает управление процессом решения задач, но приводит к перегруженности интерфейса. С другой стороны, резкое ограничение числа средств отображения и контроля усложняет общение проектировщика с системой. В каждом конкретном случае нам удалось соблюсти баланс между этими двумя крайностями.

Первым источником данных может служить окно свойств AutoCAD. Мы постарались максимально использовать возможности этого стандартного инструмента. Для каждого из наших объектов мы разместили в нем параметры, обязательные для графической платформы AutoCAD, а также исходные данные, необходимые подсистемам расчетов, и итоговые результаты этих расчетов.

Так, для провода (Model Studio CS ЛЭП и Model Studio CS ОРУ) в этом окне можно задавать параметры арматуры (гирлянд изоляторов и гасителей вибрации), редактировать механические параметры провода, просматривать промежуточные (наихудший режим, нормативные и расчетные нагрузки) и окончательные (стрелы провеса, длины участков, тяжения) результаты расчета (рис. 6).

Не забываем, что мы взяли на себя обязательство не только полностью обеспечить проектировщика необходимой информацией, но и позволить ему непосредственно влиять на ситуацию. Поэтому вне зависимости от категории все параметры могут редактироваться на любом этапе работы. Для провода такое редактирование

автоматически запускает расчет мест установки гасителей вибрации, расчет угла отклонения гирлянды изоляторов, механический расчет провода, а затем и расчет нагрузок на опоры и фундаменты.

Здесь уместно упомянуть, что механический расчет провода можно выполнять не только исходя из максимального тяжения, но и взяв за основу стрелу провисания или длину провода. Доступность изменения всех этих данных на языке высшей математики означает решение сложных прямых и обратных задач механики гибкой нити. Для которых возможно нарушение условий единственности и устойчивости решения. В этом случае программа не только констатирует невозможность расчета, но и предполагает причину. Таким образом, **проектировщик, не отвлекаясь на сложные внутренние процессы, всегда информирован о ключевых моментах расчета.**

Следующий инструмент – виртуальный спецификатор. Это специальное диалоговое окно, всегда доступное для просмотра, отображает состав модели в виде таблицы заданной формы. Его уникальные возможности сбора любых данных об объекте и двустороннее обновление информации оказались эффективны и при поиске ошибок в исходных данных. Как пример приведем опыт нашего коллеги Ильи Чайковского, успешно применившего этот механизм в процессе освоения Model Studio CS Трубопроводы'. Поначалу он, заполняя тестовую базу данных, не всегда корректно создавал новое оборудование, допуская традиционные ошибки начинающего пользователя: забывал указать те или иные существенные внутренние параметры, вводил в качестве разделителя в десятичной дроби запятую вместо точки и т.д. Естественно, в дальнейшем при обвязке оборудования и трассировке получал либо некорректное состояние, либо предупреждение об ошибке. Учитывая, что первый же проект был большим и сложным, проверка всей модели грозила стать долгой и утомительной.

С помощью мастера экспорта Илья сформировал условия выбора и группировки данных о "подозрительных" объектах. Воспользовавшись спецификатором (рис. 7), он не только быстро нашел источник ошибок (выбранная строка спецификации подсвечивает соответствующие объекты на модели), но и автоматически устранил неточности во всей модели, отредактировав ее непосредственно через таблицы.

Мы рассмотрели возможности пользовательского интерфейса Model Studio CS, используемые для отображения про-

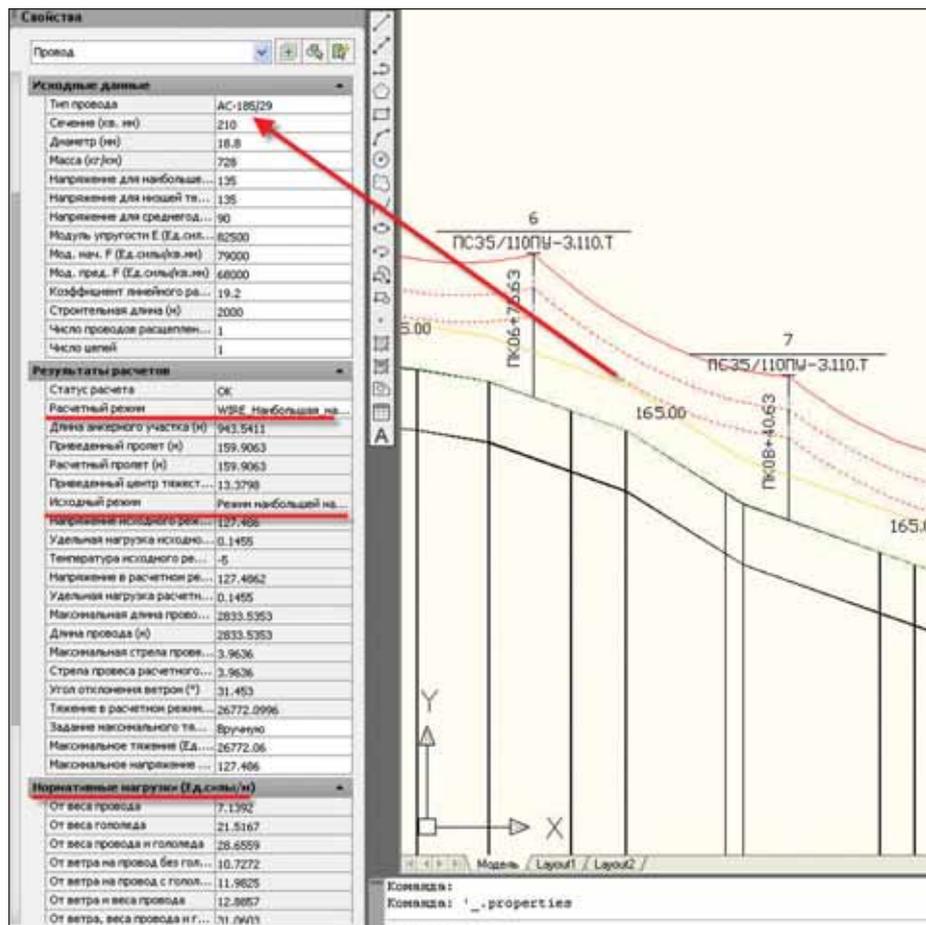


Рис. 6. В окне свойств AutoCAD – вся необходимая информация по проводу

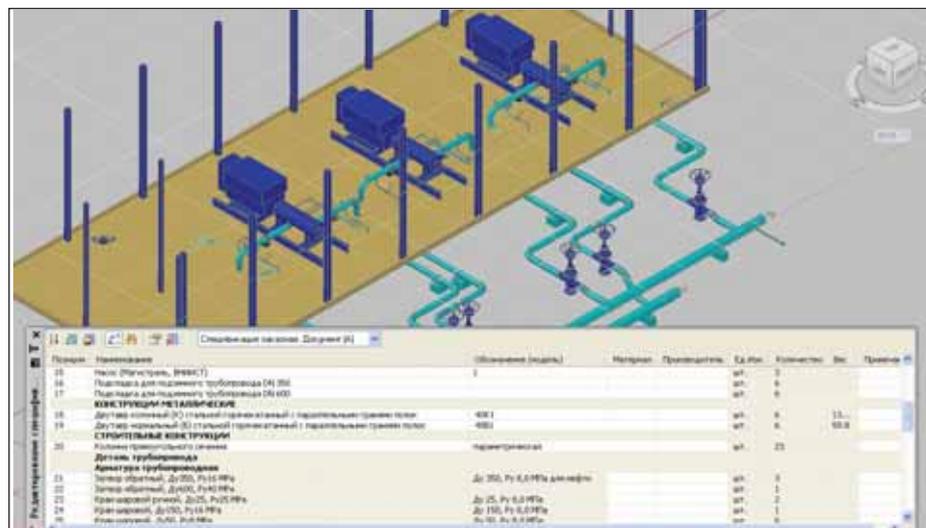


Рис. 7. Спецификация оборудования в реальном времени

межоточных и итоговых результатов проектирования, для оперативного общения проектировщика с системой в процессе решения задачи и для коррекции принятых решений. Можно с уверенностью говорить, что они позволяют проектировщику получать в реальном времени всю техническую информацию, необходимую для принятия инженерных решений. Кажалось бы, наша задача выполнена, но...

Публикация результатов

...но в инженерной деятельности далеко не все зависит от воли проектировщика – многое необходимо согласовывать, доказывать и перепроверять. И даже когда САПР содержит всю полноту информации об объекте проектирования, возникает необходимость публикации данных в форме, отличной от принятой в проектировании. Это не предмет

¹Илья Чайковский. Как мы тестировали крутой программный продукт. – САПР и графика, №3, 2010, с. 20-24.

№ опоры	Марка опоры	Угол	Нагрузки на фундамент	Тип заземления	База, м	Фундамент		Марка свай		Группы
						Марка	Кол. шт.	Марка	Кол. шт.	
0	КЛЛ-110 ЯЭ	75°42'	N свая: 4,7 м N впр.: 5,2 м N макс.впр.: 6,7 м NВ макс.: 0,6 м NЛ макс.: 0,0 м U макс. Пиков: 6,7 м/сек N свая: -34,5 м N впр.: 25,0 м		1,2					
1	УПО-1-16	122°130'	N макс.впр.: 34,5 м NВ макс.: 4,8 м NЛ макс.: 1,1 м U макс. Пиков: 15 м/сек		9					
2	УПО-1-9	124°2'6"	N свая: -41,2 м N впр.: 33,8 м N макс.впр.: 41,2 м NВ макс.: 6,9 м NЛ макс.: 4,3 м U макс. Пиков: 2,9 м/сек		7,5					
3	КЭС/УПОЛ-3.100.1		N свая: -12,9 м N впр.: 11,3 м N макс.впр.: 12,9 м NВ макс.: 0,4 м NЛ макс.: 1,5 м U макс. Пиков: 12,9 м/сек		0,81					
4	КЭС/УПОЛ-3.100.1		N свая: -12,2 м N впр.: 9,7 м N макс.впр.: 12,2 м NВ макс.: 0,4 м NЛ макс.: 1,3 м U макс. Пиков: 12,2 м/сек		0,81					
5	УПО-1-5	97°055'	N свая: -35,6 м N впр.: 28,2 м N макс.впр.: 35,6 м NВ макс.: 5,9 м NЛ макс.: 3,7 м U макс. Пиков: 3,0 м/сек		6,3					

Рис. 8. Таблица расчета нагрузок на фундамент

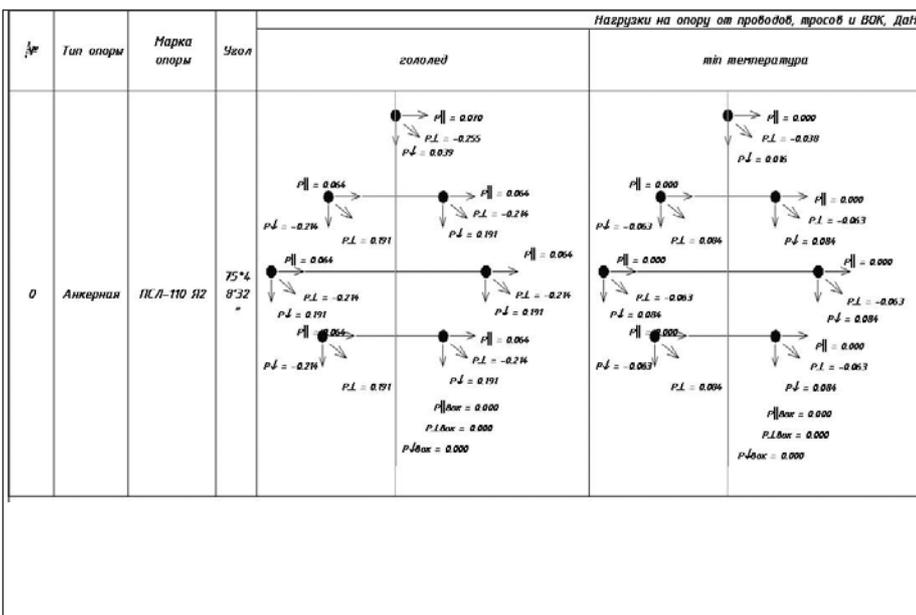


Рис. 9. Схема нагрузок на опору для различных режимов

ОПОРА	НАГРУЗКИ
9 (24) 1У330-2т+10 Анкерная 0°	<p>1. РАСЧЕТ НАГРУЗОК ОТ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ Режим наибольшей нагрузки (далее Расчетный режим)</p> <p>провод</p> $I_{\text{вес}}^{\text{пр}} = I_{\text{вес_лев}}^{\text{пр}} + I_{\text{вес_прав}}^{\text{пр}} = (179.37 + 154.20) = 333.57 \text{ (М)}$ $I_{\text{ветр}}^{\text{пр}} = I_{\text{ветр_лев}}^{\text{пр}} + I_{\text{ветр_прав}}^{\text{пр}} = (157.18 + 157.50) = 314.68 \text{ (М)}$ <p>Ветровая нагрузка на опору от провода определяется:</p> $P_{\text{ветр}}^{\text{пр}} = \gamma_{\text{пр}} \gamma_{\text{ф}} \gamma_{\text{д}} (P_{\text{с_лев}}^{\text{пр}} I_{\text{ветр_лев}}^{\text{пр}} m_{\text{лев}} + P_{\text{с_прав}}^{\text{пр}} I_{\text{ветр_прав}}^{\text{пр}} m_{\text{прав}}) = 1.10 * 1.00 * 1.3 * (10.39 * 157.18 * 12 + 10.88 * 157.50 * 12) = 57433.86 \text{ (Н)}$ <p>m – количество проводов в пролете</p> <p>Нагрузка на опору от веса провода определяется:</p> $P_{\text{вес_лев}}^{\text{пр}} = \gamma_{\text{ф}} P_{\text{с_лев}}^{\text{пр}} I_{\text{вес_лев}}^{\text{пр}} + \gamma_{\text{пр}} \gamma_{\text{ф}} \gamma_{\text{д}} P_{\text{с_лев}}^{\text{пр}} I_{\text{вес_лев}}^{\text{пр}} + \gamma_{\text{с}} P_{\text{ш}}^{\text{пр}} = 1.05 * 9.04 * 179.37 + 1.30 * 1.10 * 1.30 * 1.00 * 3.69 * 179.37 + 1.50 * 2402.63 = 5306.82 \text{ (Н)}$ $P_{\text{вес_прав}}^{\text{пр}} = \gamma_{\text{ф}} P_{\text{с_прав}}^{\text{пр}} I_{\text{вес_прав}}^{\text{пр}} + \gamma_{\text{пр}} \gamma_{\text{ф}} \gamma_{\text{д}} P_{\text{с_прав}}^{\text{пр}} I_{\text{вес_прав}}^{\text{пр}} + \gamma_{\text{с}} P_{\text{ш}}^{\text{пр}} = 1.05 * 9.04 * 154.20 + 1.30 * 1.10 * 1.30 * 1.00 * 3.69 * 154.20 + 1.50 * 2402.63 = 5067.88 \text{ (Н)}$ $P_{\text{вес}}^{\text{пр}} = P_{\text{вес_лев}}^{\text{пр}} m_{\text{лев}} + P_{\text{вес_прав}}^{\text{пр}} m_{\text{прав}} = 5306.82 * 12 + 5067.88 * 12 = 108690.47 \text{ (Н)}$ <p>Нагрузка на угловые опоры от тяжения провода определяется:</p> $T_{\text{лев}}^{\text{пр}} = \gamma_{\text{ф}} \gamma_{\text{с}} \sigma_{\text{с}}^{\text{пр}} m_{\text{лев}} = 1.30 * 275.70 * 94.70 * 12 = 407285.80 \text{ (Н)}$

Рис. 10. Детальный расчет нагрузок на опоры и фундаменты

для обсуждения, и коль скоро мы говорим об интеллектуальной системе, она должна поддерживать такие высокоуровневые средства.

В Model Studio CS для таких целей используется мастер экспорта данных – хорошо знакомый нашим пользователям инструмент, который позволяет задавать правила формирования табличных документов и автоматически создавать таблицы как в чертеже AutoCAD, так и в различных внешних форматах. Сеем утверждать, что его возможности гораздо шире этого традиционного применения, что и попытаемся доказать на примере трех различных ситуаций.

Случай 1. В проектировании важно подтвердить принятое решение. Очень часто проверка выполняется вручную и для подтверждения требуется, воспользовавшись той же методикой, произвести повторный расчет. Только такой подход дает абсолютную уверенность в правильности проектного решения. Но что делать при несовпадении результатов программы с ручным расчетом или просто экспертным мнением проверяющего? Где искать ошибки или, напротив, находить аргументы в пользу своей точки зрения? Согласитесь, что этот процесс немало выиграл бы в скорости и эффективности, будь ваши расчеты подробно расписаны подобно школьным задачкам.

Вы, наверно, уже догадались? Да, **Model Studio CS умеет документировать процесс решения!** То есть не просто давать готовый ответ, но и показывать само решение задачи с пошаговым выводом промежуточных действий. Возможность документировать инженерные вычисления существенно снижает риск появления дорогостоящих ошибок. Расчеты в стандартных математических обозначениях легко читаются, понятны, удобны для совместного и повторного использования. А вот реализовать это в программе было куда как не просто – заметим, что возможность получения промежуточных вычислений в аналитической форме отсутствует даже в специальных математических пакетах (Mathcad, Maple и т.д.). Такое положение дел объяснимо хотя бы тем, что компьютер считает несколько иначе, чем человек... Однако с помощью мастера экспорта Model Studio CS проектировщик, зная промежуточные шаги, всегда может составить документ, в котором будут видны промежуточные вычисления. Для примера приведем механический расчет нагрузок на опоры и фундаменты, выполненный в Model Studio CS ЛЭП. Данные, передаваемые в строительный отдел, обычно сведены в строгие таблицы (рис. 8). Мы постарались представить их более наглядно и информативно в форме схем нагрузок на конструкции (рис. 9).

Но сейчас нам мало и этого. Найдем в списке выходных документов профиль "Нагрузки на опору проверочный расчет". Пара манипуляций – и у нас в руках десятистраничный отчет с подробным разбором формул и зависимостей для расчета нагрузок на опоры и фундаменты ЛЭП (рис. 10, 11). Детализировано всё – от тяжений провода до выбора расчетного режима для строительного отдела.

Четкое документирование всех методов, уравнений, коэффициентов и допущений в виде стандартных математических формул позволяет разговаривать на одном языке специалистам линейного и строительного отделов.

Такой подход оказался очень удобным, наглядным и востребованным. Сэкономлены не только время и деньги наших пользователей – есть возможность оперативно вносить изменения по вновь возникающим требованиям и, конечно, исправлять ошибки в самом расчете. Поэтому в наших планах создать базовые проверочные шаблоны для всех расчетных задач. Но поверьте, пытливый пользователь уже сейчас может самостоятельно создать необходимый ему отчет практически под любую задачу.

В качестве еще одного примера приведем расчет тоннажного ряда подвесной арматуры и изоляторов (рис. 12). С его помощью можно не только получить расчетные нагрузки на гирлянды изоляторов, но и проверить опоры на вырывание. Результат позволяет определить способы предотвращения подъема гирлянд (подвеска компенсационных грузов, установка повышенной или пониженной опоры, замена промежуточной опоры на анкерную или ослабление тяжения провода).

Самое время упомянуть еще об одном важном инструменте проектировщика – интеллектуальном управлении единицами измерения физических и геометрических величин. Возможность выбрать единицы измерения механических нагрузок на провода и конструкции позволяет получать информацию в не-

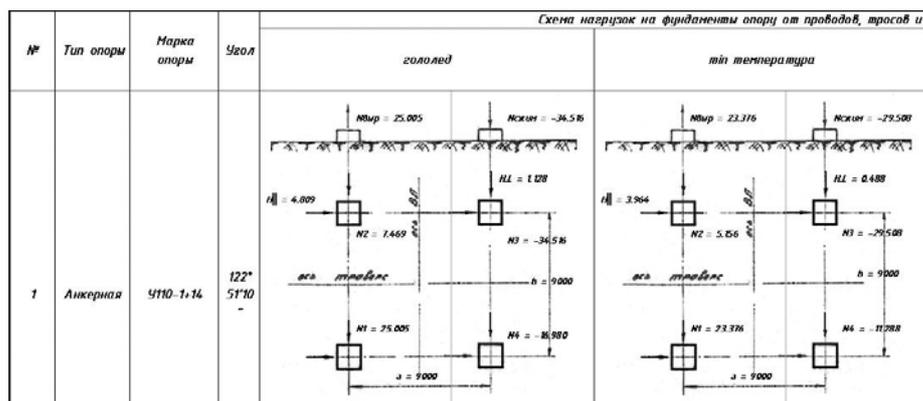


Рис. 11. Схема нагрузок на фундамент с результатами расчета

ВЛ 110кВ	
3 (4) ПС35/110ПУ-3.110.Т	<p>Провод марка: АС-185/29 тип подвески: подвесной</p> <p>I расчетный режим (режим максимальных нагрузок) $P_{\text{max}} = \sqrt{(P_{\text{ветр}})^2 + (P_{\text{л}} I_{\text{лес}} + P_{\text{из_провод}})^2} = \sqrt{((12.62 * 132.50)^2 + (28.66 * 146.89 + 424.31)^2)^{1/2}} * 0.1 = 538.69 \text{ (даН)}$ $P_{\text{из_max}} = P_{\text{max}} \gamma_t \gamma_d = 538.69 * 2.50 * 1.00 = 1346.72 \text{ (даН)}$</p> <p>II расчетный режим (среднеэксплуатационный режим) $P_{\text{ср_лесв}} = P_{\text{л}} I_{\text{лес}} + P_{\text{из}} = (7.14 * 146.90 + 282.87) * 0.1 = 161.44 \text{ (даН)}$ $P_{\text{из_ср_лесв}} = P_{\text{ср_лесв}} \gamma_t \gamma_d = 161.44 * 5.00 * 1.00 = 807.22 \text{ (даН)}$</p> <p>Вертикальная составляющая тяжения провода на опорах (режим минимальной температуры) $P_{\text{ср_т}} = 0.5 p_1 (l_{\text{лев}} + l_{\text{прав}}) + s \sigma \left(\frac{h_{\text{лев}}}{l_{\text{лев}}} + \frac{h_{\text{прав}}}{l_{\text{прав}}} \right) = (0.5 * 7.14 * (150.00 + 115.00) + 210.00 * 96.60 * (36.64 / 150.00 + -8.04 / 115.00)) * 0.1 = 448.29 \text{ (даН)}$</p>

Рис. 12. Детальный расчет тоннажного ряда арматуры

обходимой размерности. В зависимости от конкретной ситуации это помогает сравнить ваши результаты с данными каталогов производителей, различными версиями типовых проектов и т.д.

Случай 2. Выходная информация, охватывая все данные проекта, определяет конструкторско-технологическую и монтажную реализацию объекта проектирования, параметры и режимы его функционирования и т.п. С другой стороны, **выходная информация должна содержать критериальные оценки проекта**, необходимые для подведения итогов решения проектных задач, обсуждения результатов и

принятия решения об окончании или продолжении проектирования. В частности, для подобных оценок используют сравнительный анализ различных вариантов исполнения объекта или результатов применения различных методик (проектирование ЛЭП по 6-му и 7-му изданиям Правил устройства электроустановок).

Приведем пример из опыта использования Model Studio CS Молниезащита. В России существует множество нормативных документов, регулирующих проектирование систем молниезащиты: общероссийские РД 34.21.122-87, СО 153-34.21.122-2003 и целый ряд отрасле-

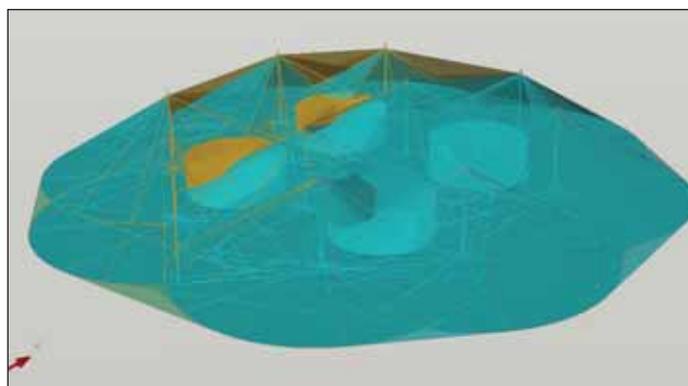


Рис. 13. Расчет зоны молниезащиты парка резервуаров по РД ОАО "АК Транснефть"

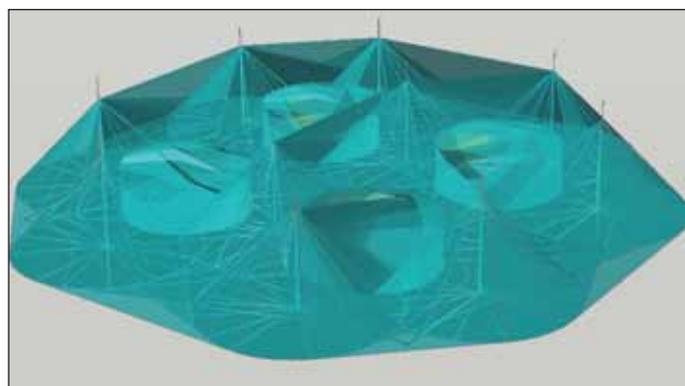


Рис. 14. Расчет зоны молниезащиты парка резервуаров по СО

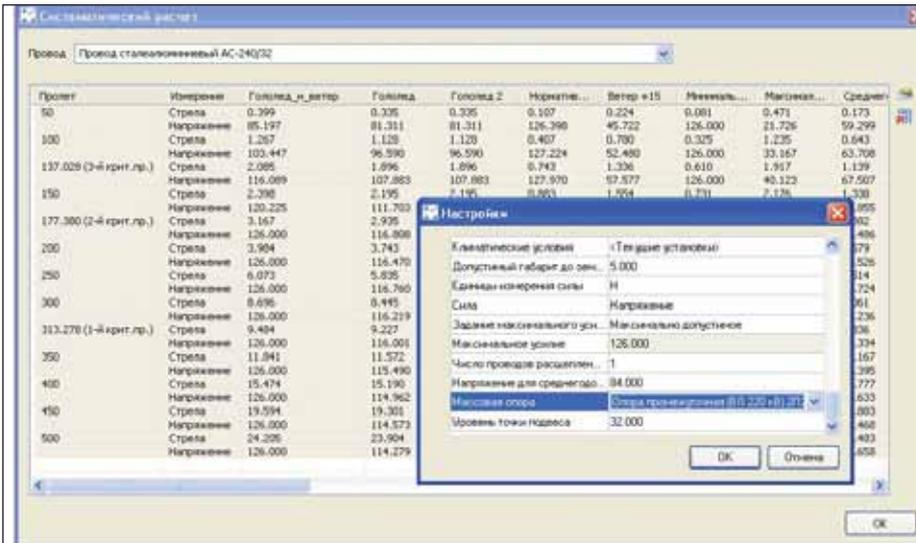


Рис. 15. Систематический расчет провода

вых руководств. Допустим, что мы проектируем систему защиты парка нефтяных резервуаров (рис. 13) и используем для этого стандарт ОАО "АК "Транснефть" (РД 91.020.00-КТН-276-07). В этом случае возможно сравнение результирующих зон защиты, полученных по этому документу, с РД и СО (рис. 14).

Случай 3. У многих из тех, кто сталкивается с научными и инженерными расчетами, часто возникает необходимость описать в виде функциональной зависимости связь между величинами, заданными таблично или в виде набора точек с координатами. Причем желательно получить графическую интерпретацию функциональных зависимостей. Из курса математики известно, что подобная задача сводится к получению аппроксимационных кривых. Это позволяет исследовать числовые характеристики и качественные свойства объекта в наглядном и информативном виде, сводя задачу к изучению более простых и более удобных объектов.

Как пример здесь можно привести получение графиков для определения исходного режима расчета провода в Model Studio CS ЛЭП и Model Studio CS ОРУ. В программах реализована возможность систематического расчета провода, цель которого определить значения напряжения в проводе и стрелы провеса при определенных климатических условиях для всех используемых в проекте длин пролетов. Построения производят по 8-10 точкам, наименьший и наибольший пролеты принимают в зависимости от высоты принятого типа опор, марки провода, заданных условий по гололеду и ветру. Результаты расчетов сводятся в таблицы (рис. 15).

С помощью мастера экспорта можно построить по этим таблицам зависимость изменения напряжения в проводе от длины пролета и зависимость стрелы провеса от длины пролета (рис. 16). Это позволяет не только обосновать и подтвердить принятые решения, но и сделать правильный выбор уже на этапе предварительного проектирования.

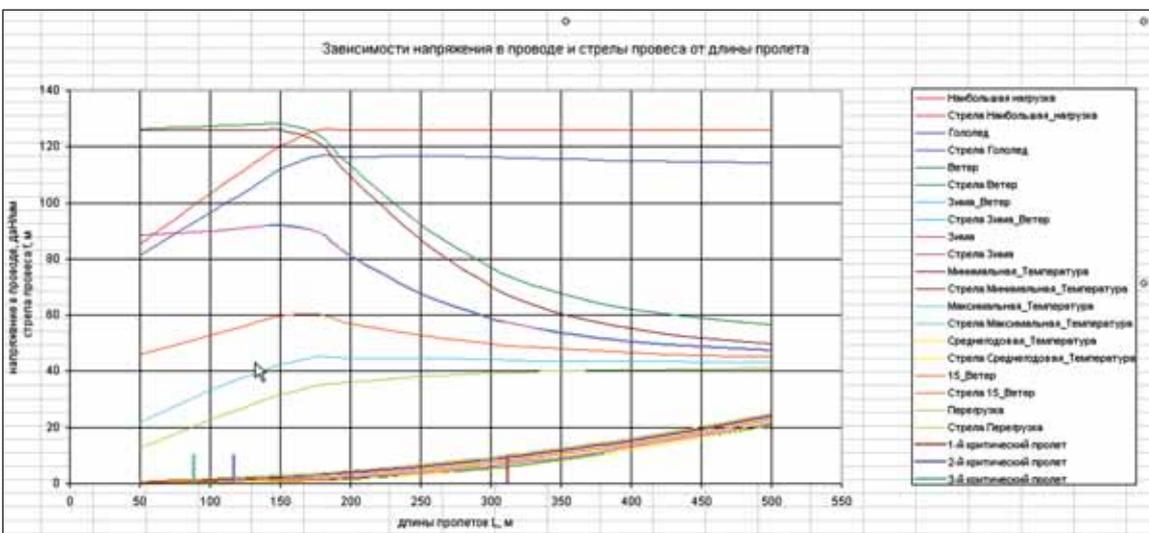


Рис. 16. Графики зависимости напряжения и стрел провеса от длин пролета

Заключение

Инженерные вычисления используются для прогнозирования поведения конструкции еще на стадии разработки, их результаты часто задают критические параметры и размеры промышленной модели. Вычисления являются ядром технической информации. Разнообразие представления этих данных позволяет что называется "на лету" выполнять качественный и глубокий инженерный анализ. Значительно упрощается выпуск документации, существенно сокращается число ошибок проектирования, а 3D-модель обеспечивает возможность убедиться, что разработанный проект адекватно отражает принятые проектные решения.

Все это существенно повышает уровень проверки, сертификации, публикации и совместной работы на всех этапах разработки. А результатом становится более быстрый выпуск проектов, совершенствование их качества, лучшее соответствие стандартам и "бесшовная" интеграция Model Studio CS в инженерную практику.

Убедившись в качестве Model Studio CS, пользователи интенсивно используют его возможности в повседневной работе. Простота освоения интерактивных инструментов программы, надежность методов, скорость работы ее алгоритмов позволяют в кратчайшие сроки создавать очень сложные и насыщенные проекты. На этой стадии использования САПР важной становится быстрая навигация по модели. Следующая наша статья будет посвящена описанию самых современных и эргономичных навигационных инструментов Model Studio CS.

Максим Карпов,
Степан Воробьев
CSoft

Тел.: (495) 913-2222

E-mail: vorobev@csoft.ru