

# CAESAR II – эффективный инструмент в руках российских пользователей для расчета трубопроводов

После получения системой для расчета прочности и жесткости трубопроводов CAESAR II сертификата ГОСТ Р о соответствии требованиям отечественных нормативных документов российские компании-пользователи программного комплекса СТАРТ-Проф, который до этого являлся наиболее распространенным на территории РФ программным обеспечением для проведения прочностных расчетов трубопроводов различного назначения, начали переходить на CAESAR II. Данный факт периодически вызывает дискуссии в инженерном сообществе относительно целесообразности применения данного ПО в России ввиду его зарубежного происхождения. Представляем читателям обсуждение вопросов, связанных с надежностью использования в российских инжиниринговых проектах этого программного продукта, в интервью, взятом пресс-службой компании Hexagon PPM у руководителя направления CAE группы CADWorx & Analysis Solutions Натальи Гаврилиной.

**– Наталья, прежде всего поясните, пожалуйста, на основании чего и кем выдается сертификат соответствия ГОСТ Р и что конкретно он удостоверяет?**

– ГОСТ Р – это одна из основных систем стандартов в Российской Федерации. Сертификат соответствия ГОСТ Р – это документ, который выдается после проведения сертификации в этой системе и который удостоверяет соответствие продукции, на которую он выдан, требованиям, установленным техническими регламентами и положениями стандартов, действующими на территории России в соответствии с федеральным законом “О техническом регулировании”.

Прилагаемый к сертификату ГОСТ Р на программный комплекс CAESAR II верификационный отчет

гласит, что расчеты, сделанные на основании ASME B31.1, B31.3, B31.4 и B31.8 (одни из реализованных в программе международных стандартов, разработанных самой крупной на сегодняшний день мировой организацией (ASME) по разработке и распространению инженерных и технологических стандартов), не противоречат результатам, полученным по российским нормативным документам соответствующего направления.

Здесь я бы хотела обратить внимание на существенный момент в контексте обсуждаемой темы. Бесспорно, подходы к оценке прочности при проектировании и расчетах трубопроводных систем в американских и российских нормативных стандартах различаются, что объясняется их независимым друг от друга развитием и спецификой практики проектирования в разных странах. Однако надежность как российской, так и международной стандартизации подтверждена многолетним опытом эксплуатации трубопроводов, и этот неоспоримый факт подразумевает текст межгосударственного стандарта ГОСТ 32388-2013, действующего в качестве национального стандарта Российской Федерации, в котором написано: "Допускается использование других расчетных методик, прошедших апробацию на практике и соответствующих условиям эксплуатации, если они обеспечивают запасы прочности не ниже установленных настоящим стандартом. Решение об этом принимает разработчик проектной документации".

В этой связи некоторый курьез ситуации с обсуждением полученного CAESAR II сертификата ГОСТ Р состоит в том, что инициаторами дискуссии в Интернет-пространстве по этому поводу являлись российские разработчики прочностных программ, которые в свое время также использовали адаптированную методику расчета, частично заимствованную из ASME. Но поскольку отличия в нормативной базе разных систем стандартов присутствуют, то если в дальнейшем возникнет потребность проверить расчет полностью, например, по СП 36.13330.2012, можно использовать дополнительные методики.

**– Как известно, в России при сдаче производственных объектов в эксплуатацию необходимо пройти экспертизу Федеральной службы Ростехнадзор и получить по ее результатам заключение о соответствии объекта экспертизы требованиям промышленной безопасности, утвержденным законодательством Российской Федерации. Может ли заказчик, сделавший прочностные расчеты в ПО CAESAR II, быть уверен в положительном результате прохождения данной процедуры?**

– Наличие сертификата соответствия, выданного на основании верификационного отчета о возможности применения на территории РФ программного комплекса для анализа напряжений в трубопроводах CAESAR II, гарантирует то, что проблем с экспертной комиссией не возникнет. Однако хочу заметить, что использование того или иного программного продукта по расчетам на прочность – это решение каждого отдельно взятого за-

казчика. Мы просто предлагаем альтернативный и более продвинутый вариант – программное обеспечение CAESAR II, имеющее более гибкий интерфейс и более продвинутые возможности для расчетов.

Также хочу отметить, что программа CAESAR II предлагает проверочный расчет трубопровода, а это значит, что все трубы и элементы трубопровода проверяются на нагрузку от давления заранее, и к заданию исходных данных мы приступаем с уже выбранными толщинами стенок (рассчитанными при необходимости в соответствии с выбранным нормативным документом). Задача же нахождения напряженно-деформируемого состояния системы в целом – более сложная, и именно на нее нацелен основной решатель программы CAESAR II, особенно, если рассматривать ее совместно с динамическими составляющими нагружения.

**– Потенциальных пользователей CAESAR II, несомненно, интересует вопрос, какие в данном продукте есть возможности для обеспечения соответствия установленным в России требованиям в отношении характеристик материалов. Что вы можете сказать им по этому поводу?**

– Как известно, понятия предела прочности стальных труб в нормах ASME и в российских стандартах идентичны, а вот в определении предела текучести имеются расхождения. Согласно стандарту ASME, предел текучести для углеродистых и низколегированных трубных сталей может соответствовать как величине 0,5% полной деформации, так и 0,2% остаточной деформации. Следовательно, для одних и тех же сталей эта величина может отличаться в зависимости от того, по какому методу она определялась. По российским нормам, предел текучести однозначно определяется соответствующим 0,2% остаточной деформации.

Однако хочу обратить внимание, что программа CAESAR II – не нормативный документ, а удобный инструмент, который в умелых руках расчетчика станет ему отличным помощником. В CAESAR II при необходимости свойства материала можно задать в любом виде, исходя из предпочтений расчетчика. Это можно сделать либо непосредственно в диалоговом окне исходных данных материала, либо пополнив базу данных по материалам своими исходными данными. Таким образом, то, какую величину предела текучести использовать в расчете, решать только инженеру-расчетчику. Программа позволяет задавать любые необходимые в расчете характеристики материала – не только предел текучести, но и допускаемое напряжение и другие параметры. БД материалов открыта, и на данный момент в ней присутствует уже порядка 40 российских материалов, каждый из которых привязан к своему нормативному документу.

**– По российским нормативам, при проведении прочностных расчетов необходимо задать коэффициент надежности. Может ли инженер-расчетчик, работающий в ПО CAESAR II, оценивать сочетания нагруже-**



Табл. 1. Проверка параметров прочности трубопровода по ГОСТ 32388-2013

Диаметр, мм	Тип узла в модели	$\sigma_{eq}$ , МПа	Допустимое значение		Проверка условия
			Расчетный случай 1	Расчетный случай 2, 3	
325	отвод	73	180	245	да

Табл. 2. Проверка параметров прочности трубопровода по ASME B31.3

Диаметр, мм	Тип узла в модели	$\sigma_{eq}$ , МПа	Допустимое значение	Проверка условия
325	отвод	73	150	да

## ния, коэффициенты сочетания и коэффициенты интенсификации нагружения?

– Понятие коэффициента надежности по нагрузке отсутствует в ASME, однако программа CAESAR II позволяет задать их как пользовательские параметры для различных вариантов нагрузок и их сочетаний вручную. При этом программа предоставляет пользователю возможность указать для разных расчетных случаев то количество сочетаний нагружения с произвольно выбираемыми коэффициентами, которое необходимо в процессе проведения расчета, тем самым позволяя соблюсти требования российских нормативов. Что касается возможности задания коэффициентов прочности для сварных соединений, то в этой части возможности программы CAESAR II весьма обширны, и открытый интерфейс позволяет расчетчику самому проставить необходимый коэффициент сварного соединения для любого стыка элементов трубопровода. При этом в местах реально присутствующего соединения можно указать пользовательский коэффициент сварного шва, а в местах, где плеть трубопровода должна быть единой, а узел необходим для схематизации, можно оставить коэффициент, равный единице по умолчанию (равнопрочность сварных труб). Данный параметр можно задавать не только на прямолинейных участках трубопровода, но и в местах стыков с любыми элементами трубопроводной системы: отводами, тройниками и т.д. При расчете бесшовных труб и деталей коэффициент прочности принимается равным  $\varphi_y = 1.0$ , что полностью соответствует исходным данным программы CAESAR II. В отношении КИН и коэффициентов гибкости с расчетными формулами, которые приведены в нормативных документах, – идентичная ситуация: в диалоговых окнах программы можно либо принять рассчитанные величины, либо при необходимости задать собственные.

Не нужно также забывать и про ограничения расчета, прописанные в российских нормативных документах. В CAESAR II их можно избежать, прибегнув к МКЭ-пакету.

Вероятно, самым острым вопросом в контексте сравнения американских и российских норм при проектировании трубопроводов является расчет в CAESAR II допустимых напряжений. Простым и разумным решением здесь будет проведение в CAESAR II прочностного расчета на действующие нагрузки и напряжения для всех сочетаний нагрузок, указанных в выбранном российском нормативном документе, с учетом коэффициентов надежности, предусматриваемых этим до-

кументом. Расчет же допустимых напряжений можно проводить вручную и при необходимости дополнять полученными значениями БД материалов.

Приведу небольшой пример для сравнения значений действующих напряжений, рассчитанных в CAESAR II, с допустимыми напряжениями, рассчитанными по ГОСТ 32388-2013 и по ASME B31.3 (табл. 1, 2).

Сравнительный анализ этих исследований показывает, что расчет, проведенный по ASME B31.3, имеет более жесткие требования к выполнению условий прочности. А значит, его можно смело использовать в целях проверочного расчета трубопроводной системы.

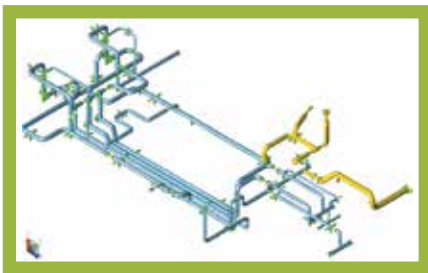
Хотелось бы в заключение еще раз подчеркнуть, что вопрос о применимости иностранных программных комплексов в России поднимался всегда. Сомнения, связанные с программным продуктом CAESAR II, – не первый и не последний такой случай. Безусловно, еще раз повторюсь, применение того или иного программного комплекса – это личный выбор каждой организации. Однако не могу не отметить, что достоинства программы CAESAR II неоспоримы, и на настоящий момент они намного превышают возможности российских разработок в данной области. Программный комплекс CAESAR II позволяет выполнять не только статический расчет, но и все виды динамического анализа труб и систем трубопроводов любых размеров и любой степени сложности, а также расчет в том числе надземно-подземного трубопровода, с любыми углами поворота, а также расчет всей эстакадной конструкции в едином файле, расчет податливости и жесткости узла врезки и многое другое. Программа учитывает все самые последние версии международных стандартов и позволяет быстро “подгружать” и отображать данные, нужные для корректной визуализации расчетной модели.

При этом основным фактором эффективности работы с CAESAR II является то, насколько полно расчетчик использует возможности, которые предоставляет ему программа.

Учитывая рекомендации правительства РФ использовать на предприятии более одной расчетной программы на прочность для сравнительного анализа результатов с целью получения более качественного расчета, продвижение CAESAR II на российском рынке отвечает интересам российских пользователей, поскольку на данный момент этот программный продукт является наиболее продвинутым расчетным комплексом, которым уже сейчас пользуются многие проектные организации в России.

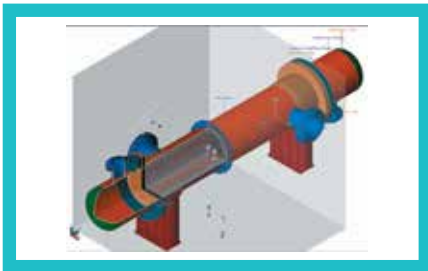


## CADWORX® & ANALYSIS SOLUTIONS— ИННОВАЦИОННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТОВ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ



### **CAESAR II** *Прочностной анализ трубопроводных систем*

**C2** Комплексная программа для расчета напряжений в трубопроводных системах любой сложности. Статический и динамический анализ труб и систем трубопроводов, включая оценку труб из стеклопластика (FPR) и подземных трубопроводов. Учет ветровых, волновых и сейсмических нагрузок. Учет влияния компенсаторов, клапанов, фланцев и штуцеров аппаратов на податливость системы. Двухнаправленная связь с Smart3D / CADWorx Plant




### **PV ELITE** *Проектирование сосудов под давлением и теплообменников*

**PVE** Комплексное решение для проектирования, расчета и оценки сосудов и аппаратов, работающих под давлением, и теплообменников. Оценка по методике API 579 текущего состояния и остаточного ресурса действующего оборудования (оценка пригодности для эксплуатации). Интерфейс с программой NozzlePro




### **NozzlePro** *Расчет, моделирование и анализ штуцеров и опор сосудов и аппаратов*

 Программа конечно-элементного анализа, позволяющая современными методами определять коэффициенты интенсификации напряжений. Расчет жесткости мест соединений и допустимых значений нагрузок на штуцеры. Анализ усталости материалов. Расчет местных напряжений штуцеров, в том числе для таких геометрических форм, которые не охватывают традиционные методы. Совместная работа с CAESAR II / FEATools / PV Elite



### **FEATools** *Расчет и анализ врезок и опор трубопроводов*

 Программа для улучшения качества анализа, производимого в CAESAR II, в местах критических соединений элементов за счет использования метода конечных элементов и других эмпирических формул в процессе оценки параметров. Программа вводит уточнённые данные в модель CAESAR II, накладывая дополнительные связи, благодаря которым происходит интеллектуальный учет жесткости и гибкости мест соединения