

ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ШТУЦЕРОВ – ЧИСЛЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ

РАСЧЕТЫ ЭЛЕМЕНТОВ АППАРАТОВ И ТРУБОПРОВОДОВ В ПРОГРАММЕ ШТУЦЕР-МКЭ

Унесихин Р. В., Корельштейн Л. Б., ООО «НТП Трубопровод»

На страницах журнала «Трубопроводная арматура и оборудование» уже подробно рассказывалось [1] о программе Штуцер-МКЭ – одной из немногих в мире специализированных программ по расчету узлов врезки в сосуды и аппараты методом конечных элементов. За три года, прошедшие с момента публикации статьи [1], программа пополнилась многими новыми функциями, а в настоящее время готовится к выпуску версия 3.5 программы, радикально расширяющая ее возможности! Но обо всем по порядку.

Версия 3.3 – новые виды расчета, улучшенный постпроцессор и интеграция

После выпуска в 2020 году большого обновления (версии 3.2) программы, о котором рассказывалось в статье [1], в версии 3.3 (выпущенной в мае 2021 года) основное внимание было уделено усовершенствованию расчета при циклических нагрузках и в коррозионно-активной среде, расчета по зарубежным нормам, а также усовершенствованию пользовательского интерфейса и интеграционным возможностям.

В частности, был добавлен расчет усталости по нормам ASME BPVC.VIII.2, расширены опции и добавлена возможность задания расчетных и рабочих нагрузок по ASME BPVC.VIII.2 и EN 13445-3, а также реализована возможность задания условий работы при циклических нагрузках и в коррозионно-активной среде для отдельного варианта нагружения. Кроме того, появилась возможность задания нагрузок от собственного веса для автоматического расчета размахов напряжений.

К длинному списку поддерживаемых программой типов несущих элементов добавилось неотработанное сферическое днище (представляющее собой сферический сегмент).

Значительные усовершенствования были внесены

и в графический постпроцессор. В частности, стало возможно просматривать заданные нагрузки (рис. 1), также добавились новые удобные функции вращения модели и новые возможности цветовой настройки.

Наконец, был реализован импорт XML файлов программы ПАССАТ [2], а также сохранения данных в файл

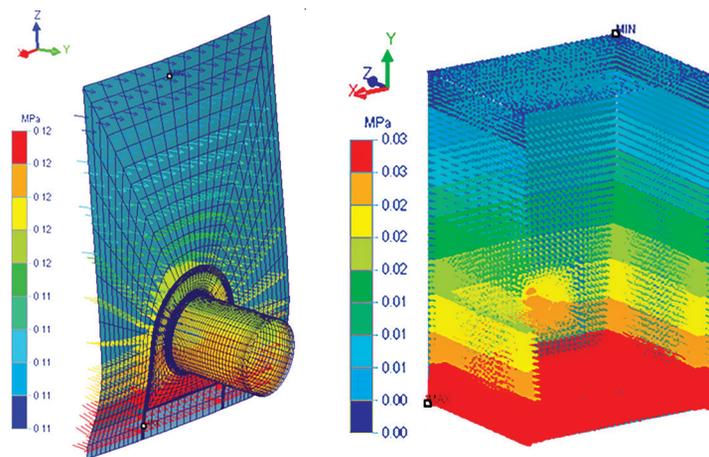


Рисунок 1 – Визуализация распределения внутреннего давления

XML, что открыло новые возможности интеграции как с программой расчета на прочность сосудов и аппаратов ПАССАТ, так и с другими программами.

Версия 3.4 – расчет балочных креплений

Основной новостью версии 3.4 программы, выпущенной в декабре 2022 года, стала возможность расчета балочных креплений к несущим элементам. Теперь пользователи программы могут рассчитать и оценить возможную концентрацию напряжений в местах крепления опор или строительных конструкций к обечайкам и днищам сосудов и аппаратов, а также труб и элементов трубопроводов (в частности, для балочных подпятников отводов). Рассчитываются балки произвольного расположения и разнообразного

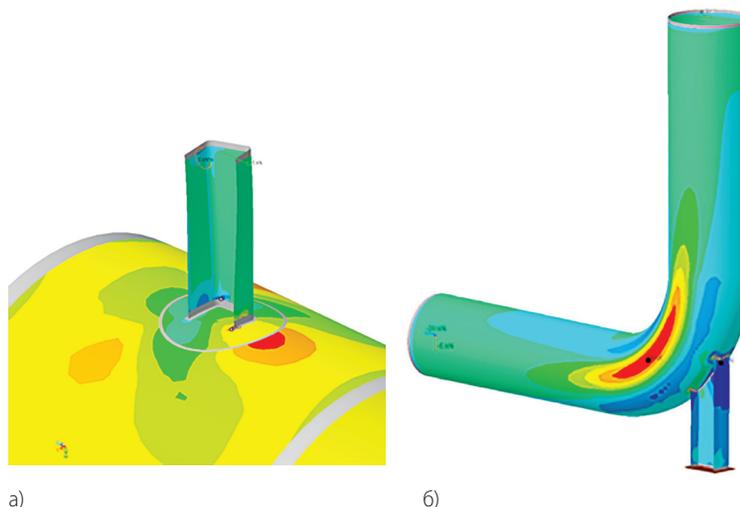
сечения, включая круглое, эллиптическое, прямоугольное сечение, тавры, двутавры, швеллеры, уголки разнообразных типов и др. (рис. 2). При этом рассчитывается напряженно-деформированное состояние как несущего элемента, так и балки.

Добавлен также расчет осевых штуцеров на конических днищах.

Другой важной особенностью программы стала полная интеграция с программой расчета на прочность трубопроводов СТАРТ-ПРОФ. Результатом

работы коллективов этих программ стала возможность непосредственно в СТАРТ-ПРОФ вычислять методом конечных элементов допускаемые нагрузки, коэффициенты интенсификации напряжений и жесткости (податливости) узла врезки, проводить анализ его прочности с выдачей заключения, учитываемого в проверках трубных обвязок, а также осуществлять моделирование и расчет нестандартной врезки посредством вызова Штуцер-МКЭ. Эти возможности существенно автоматизировали процесс расчета трубопроводных систем в СТАРТ-ПРОФ. Данная интеграция обеспечивается работой опции СТАРТ-МКЭ (см. [3]).

В саму программу Штуцер-МКЭ было внесено изменение, которое позволяет выбирать нормативный документ для расчета коэффициентов гибкостей и интенсификации напряжений, так как это необходимо для более корректной интеграции с программой СТАРТ-ПРОФ, которая имеет внушительный список поддерживаемых нормативных документов для оценки прочности и жесткости трубопроводных систем.



а)

б)

Рисунок 2 – Расчет врезок балочных креплений:
а) гнутый швеллер в цилиндрическую обечайку;
б) подпятник отвода с двутавровым сечением

Версия 3.5 – расчет совместного воздействия штуцеров и балок

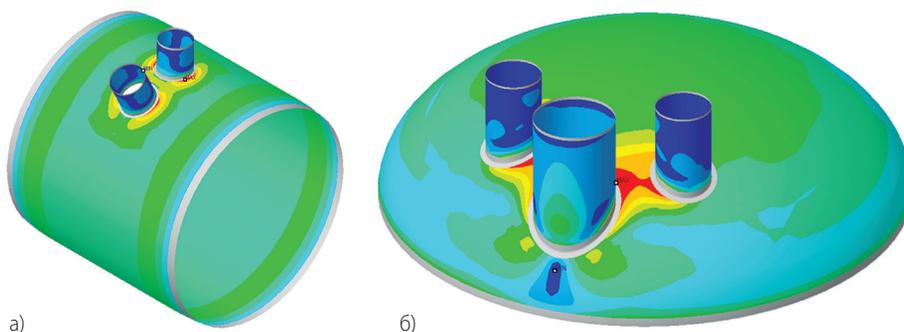
В новой версии 3.5 программы сделан новый шаг развития – теперь программа может проводить расчет с несколькими штуцерами или балками, присоединенными к несущему элементу! Тем самым становится возможным более точный анализ напряженно-деформированного состояния с учетом совместного воздействия нагрузок на штуцера и/или балочные присоединения, так же как и их взаимовлияния (рис. 3). Это особенно важно для близко стоящих штуцеров и балочных соединений.

Особенность расчета на прочность врезок, которые имеют взаимное влияние друг на друга, заключается в том, что, как правило, расстояние между врезками не более \sqrt{Rs} , где R и s – расчетные радиус и толщина несущего элемента в месте врезки. При таких расстояниях нормативные документы, которые реализуют частные полуаналитические решения, не могут обеспечить инженера расчетными методиками (например, ГОСТ 34233.3-2017). Также в эту группу можно добавить модели, в которых расстояния между врезками формально больше приведенного критерия, но взаимное влияние штуцеров существенно. Косвенно об этом можно судить по тому факту, что расстояние до геометрического центра этих врезок меньше критерия \sqrt{Rs} и все они влияют на данную область несущего элемента (рис. 3б).

На основе новой возможности программы был доработан расчет взаимного влияния отверстий в соответствии с ГОСТ 34233.3-2017 – в случаях, когда он применим.

Помимо этого, обновлена реализация в программе зарубежных стандартов ASME BPVC.VIII.1, ASME BPVC.VIII.2, EN 13445-3 – она приведена в соответствие с последними версиями этих стандартов.

И наконец, в новой версии реализована новая система лицензирования, работа над которой велась в НТП Трубопро-



а)

б)

Рисунок 3 – Расчет нескольких врезок со взаимным влиянием на цилиндрической обечайке (а) и эллиптическом днище (б)

вод последние 2 года. Новая система позволит пользователям программы выбирать удобный им способ лицензирования (с использованием ключей защиты отечественного производства либо веб-лицензии), а также упростит и ускорит дистанционное обновление лицензий и версий программы.

Работа над программой продолжается, следите за новостями!

Москва, февраль 2024 года

Список литературы:

1. Унесихин Р. В., Тимошкин А. И. Расчеты элементов аппаратов и трубопроводов в программе Штуцер-МКЭ// ТПА, 2020, № 3 (108). С. 44–46.
2. Краснокутский А. Н. Расчет сосудов и аппаратов – что нового в версии ПАССАТ 3.06// ТПА, 2023, № 5 (128). С. 59–60.
3. Корельштейн Л. Б., Максименко Н. Ю. «СТАРТ-Проф» версия 4.86 – фейерверк усовершенствований// ТПА, 2022, № 6 (123). С. 52.