

РАСЧЕТ СОСУДОВ И АППАРАТОВ – ЧТО НОВОГО В ВЕРСИИ ПАССАТ 3.07

Краснокутский А. Н., ООО «НТП Трубопровод»

На страницах отечественных научно-технических журналов уже рассказывалось [1–9] о разработанной в НТП «Трубопровод» программе ПАССАТ («Прочностной Анализ Состояния Сосудов, Аппаратов, Теплообменников») для расчета прочности и устойчивости сосудов, аппаратов и их элементов с целью оценки несущей способности в рабочих условиях, а также в условиях испытаний и монтажа. Напомним некоторые основные особенности программы.

Идеология и пользовательский интерфейс программы обеспечивают простоту, удобство и эффективность ее использования. Так, в программе в качестве входных данных используются лишь размеры и взаимное расположение элементов и опор, их материальное исполнение и условия нагружения, а расчетные величины, такие как вес, расчетные длины, опорные нагрузки, характеристики колец жесткости (как в цилиндрических обечайках, так и в седловых опорах), длины хорд окружностей и др. определяются автоматически. При этом большинство элементов – фланцевые соединения, прокладки, заглушки, кольца жесткости, опоры, в том числе для аппаратов колонного типа, и др. – задаются из базы данных программы, включающей данные как по отечественным ГОСТ, ОСТ, АТК, так и по зарубежным нормам (ASME, EN, DIN и др.).

Особенностью программы является отображение трехмерной модели рассчитываемого аппарата (также и в полупрозрачном режиме), что позволяет визуально контролировать введенные данные по принципу «что вижу, то и считаю». При этом в программе учитывается взаимное влияние элементов.

В качестве отчета пользователь получает не просто заключение о работоспособности, а полный, оформленный по ЕСКД протокол расчета, включая примененные формулы, ссылки на нормативные документы и промежуточные вычисления. Таким образом, программа полностью имитирует расчет вручную. Возможен вывод результатов, как на русском, так и на английском языках.

В настоящее время ПАССАТ состоит из пяти модулей.

- **БАЗОВЫЙ МОДУЛЬ** осуществляет расчет прочности и устойчивости горизонтальных и вертикальных сосудов и аппаратов в соответствии как с отечественными нормативными документами (НД) – ГОСТ, РД и другими – так и с зарубежными стандартами (ASME VIII div.1(2), EN 13445-3, WRC-107/297/537 и пр.).
- **МОДУЛЬ ПАССАТ-КОЛОННЫ** рассчитывает аппараты колонного типа на прочность и устойчивость от внешних, ветровых и сейсмических нагрузок на основе ГОСТ 34233.9-2017, ГОСТ 34283-2017, ASME VIII div.1, EN 13445-3.
- **МОДУЛЬ ПАССАТ-ТЕПЛОБМЕНИКИ** рассчитывает кожухотрубчатые теплообменные аппараты и аппараты воздушного охлаждения (АВО) на основе ГОСТ 34233.5-2017, ASME VIII div.1.
- **МОДУЛЬ ПАССАТ-РЕЗЕРВУАРЫ** рассчитывает вертикальные резервуары согласно отечественным (СТО-СА-03-002-09) и зарубежным (API 650) нормам.
- **МОДУЛЬ ПАССАТ-СЕЙСМИКА** рассчитывает на прочность и устойчивость горизонтальные и вертикальные сосуды (аппараты) с учетом нагрузок от сейсмических воздействий на основе различных национальных норм: СТО-СА-03.003-2009, ГОСТ 34283-2017, EN 1998 (EU), IS 1893 (IND), AхDTN 2.3-1 (AZE), CFE-2015 (Mexico).

В новейшей версии программы 3.07, выпущенной в июле 2024 г., добавлен целый ряд новых возможностей. Расскажем об основных из них.

В новой версии добавлена возможность моделирования тростовых оттяжек с предварительным натяжением, что может быть использовано для расчета труб, мачт, некоторых колонн. Для этого доработан функционал элемента «связь» (рис. 1) и добавлен элемент «узел сопряжения», к которому может прикрепляться моделирующие оттяжки «связи». В БД сечений при этом добавлены стальные канаты для оттяжек по ГОСТ 3063-80.

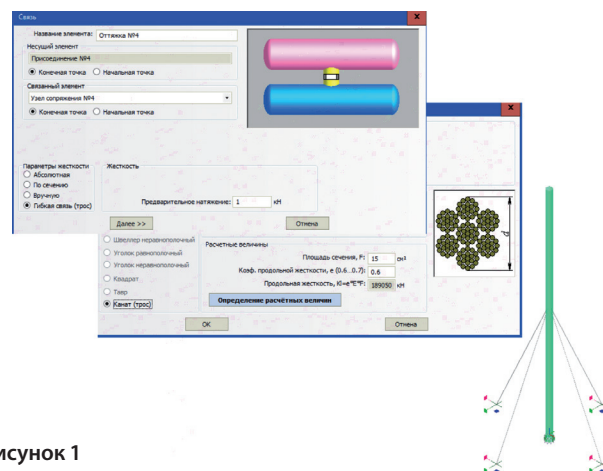


Рисунок 1

Расширен функционал расчета элементов некруглого сечения (рис. 2). Добавлены торцевые днища/крышки некруглого элемента с расчетом по ASME VIII-1; возможность врезки штуцеров в торцевые днища/крышки некруглого элемента; а также опция «Перфорация стенки».

Добавлен также расчет плоского днища с центральным отверстием по ASME VIII-2, и расчет ребренной плоской крышки согласно EN 13445-2021.

Расширены возможности программы по расчету болтов фланцевых соединений. В частности, расчет затяжки болтов теперь, по выбору пользователя, можно проводить не только по ГОСТ 34233.4-2017, но и по ряду других отечественных и зарубежных нормативных материалов (рис. 3).

Добавлен расчет глубины заделки анкерных болтов опор аппаратов (рис. 4) и минимального расстояния между ними по МДС 31-4.200.

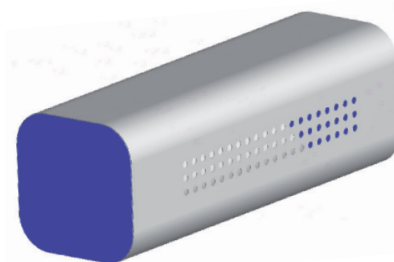


Рисунок 2

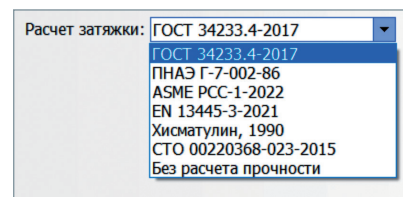


Рисунок 3

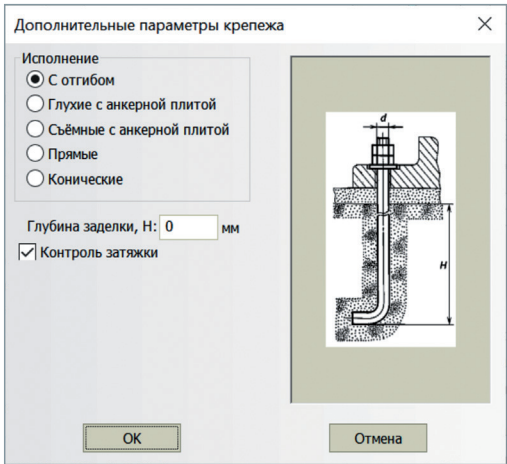


Рисунок 4

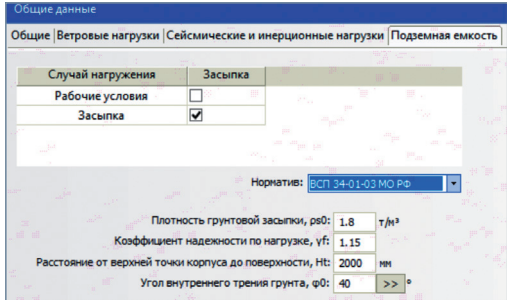


Рисунок 5

Нагрузки от засыпки

Исходные данные

Наименование грунта засыпки:	Пески гравелистые и крупные
Плотность грунтовой засыпки, $\rho_{\text{з}}$:	1.8 т/м³
Коэффициент надежности по нагрузке, γ_f :	1.15
Расстояние от верхней точки корпуса до поверхности, H_1 :	2·10³ мм
Коэффициент пористости грунта, e :	0.45
Угол внутреннего трения грунта, ϕ_0 :	40 °

Расчёт по ВСП 34-01-03 МО РФ

Удельный вес грунтовой засыпки:
 $\gamma_{\text{з0}} = 1.8 \cdot 10^4 \text{ Н/куб.м}$

Интенсивность вертикального давления грунта на верхнюю образующую цилиндрической стенки:
 $P_v = \gamma_{\text{з0}} \cdot H_1 \cdot \gamma_f$

Интенсивность горизонтального давления грунта на боковую образующую цилиндрической стенки:
 $P_h = \gamma_{\text{з0}} \cdot \left(H_1 + \frac{D_0}{2} \right) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_0}{2} \right) \cdot \gamma_f$

Осредненная величина наружного давления грунта на резервуар:
 $P_{\text{мш}} = 0.7 \cdot (P_v + P_h)$

Элемент	Расстояние от верхней точки до поверхности, мм	Наружный диаметр, D_0 , мм	Интенсивность давления засыпки на образующую, МПа		
			вертикальное, P_v	горизонтальное, P_h	осредненное, $P_{\text{мш}}$
Днище эллиптическое №2	2000	2024	0.041400	0.011870	0.037289
Обечайка цилиндрическая №1	2000	2024	0.041400	0.011870	0.037289
Днище эллиптическое №1	2000	2024	0.041400	0.011870	0.037289

Рисунок 6

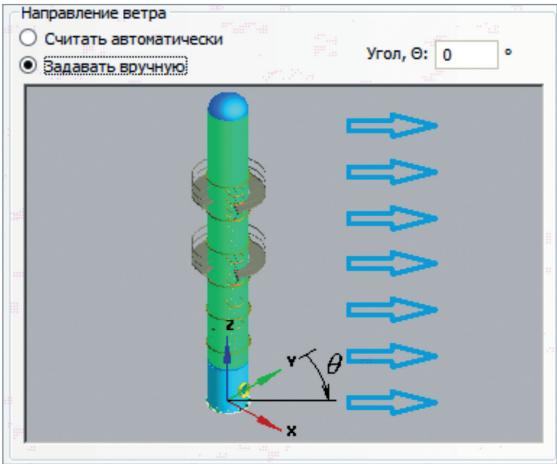


Рисунок 7

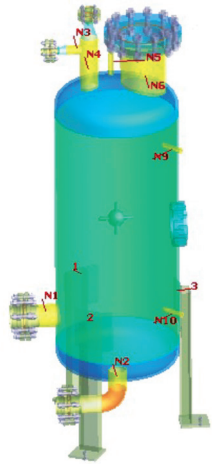


Рисунок 8

Добавлен также учет контроля затяжки фундаментных болтов по ГОСТ 34233.9 прим. А.1.

Появилась возможность расчета подземных емкостей с определением давления от засыпки по нормативному документу ВСП 34-01-03 МО РФ (рис. 5, 6).

Добавлен также расчет отводов по ASME B.31.3-2014.

Добавлена опция «Направление ветра вручную/автоматически». Теперь по розе ветров и расположению аппарата колонного типа, в случае необходимости, можно уточнить ветровые нагрузки (рис. 7).

При отображении модели добавлена нумерация опор вертикальных сосудов и визуализация центра тяжести после расчета, в рабочих условиях и в монтаже (сухой вес) – рис. 8.

Доработана и оптимизирована БД стандартных обечаек (поддерживаются новые и старые ГОСТы на листовой прокат, добавлен ГОСТ 6636 на стандартные размеры, добавлена группировка стандартов на прокат по странам, работа базы данных значительно ускорена).

Наконец, в новой версии реализована новая система лицензирования, работа над которой велась в НТП Трубопровод последние 2 года. Новая система позволяет пользователям программы выбирать удобный им способ лицензирования (с использованием ключей защиты отечественного производства либо веб-лицензии), а также упрощает и ускоряет дистанционное обновление лицензий и версий программы.

Работа над программой продолжается в соответствии с пожеланиями наших многочисленных пользователей. Следите за новостями!

Москва, август 2024 года

Список литературы:

1. Краснокутский А. Н. Расчет сосудов и аппаратов – что нового в версии ПАССАТ 3.07 // ТПА, 2023, 5(128). – с. 59–60.
2. Краснокутский А. Н. Новые возможности расчета сосудов и аппаратов в программе ПАССАТ 3.05 // ТПА, 2022, 4(121). – с. 48–49.
3. Краснокутский А. Н., Тимошкин А. И. Новые возможности программы ПАССАТ // CADmaster, 2013, № 3. – с. 76–79.
4. Краснокутский А. Н., Тимошкин А. И. Опыт расчетов сосудов и аппаратов на прочность и устойчивость // CADmaster, 2012, №3. – с. 92–94.
5. Краснокутский А. Н., Тимошкин А. И. Пассат в модулях // CADmaster, 2012, №3. – с. 96–97.
6. Краснокутский А. Н., Тимошкин А. И. Методики расчетов сосудов и аппаратов и их реализация в программе ПАССАТ // Технологии нефти и газа, 2012, № 3. – с. 21–27.
7. Краснокутский А. Н. Новый ПАССАТ 2.02 с новыми ГОСТами и расчетом сейсмостойкости сосудов и аппаратов // CADmaster, 2011, № 3. – с. 90–93.
8. Краснокутский А. Н., Тимошкин А. И. Пассат 1.07 – теперь с теплообменниками // CADmaster, 2008, № 3. – с. 74–77.
9. Краснокутский А. Н., Тимошкин А. И. Прочностной анализ сосудов и аппаратов в программе ПАССАТ // CADmaster, 2006, № 3. – с. 86–89.