



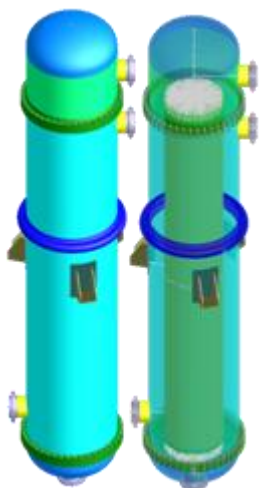
## ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ СОСУДОВ И АППАРАТОВ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ «ПАССАТ»

**Программа ПАССАТ предназначена** для расчета прочности и устойчивости сосудов, аппаратов и их элементов с целью оценки несущей способности в рабочих условиях, в условиях испытаний и монтажа.

Программа рассчитана на применение при проектировании, реконструкции и диагностике сосудов и аппаратов, а также при проведении поверочных расчетов объектов нефтеперерабатывающей, химической, нефтехимической, газовой, нефтяной и других смежных отраслей промышленности, и **рекомендована Ростехнадзором** (исх. №11-16/2865 от 06.09.2005 г.).

**Преимущество ПАССАТА** по сравнению с аналогичными зарубежными программами заключается в ориентации на Российскую нормативную базу, меньшую цену, интуитивно понятный русскоязычный интерфейс, встроенную базу российских материалов и стандартных элементов.

### Программа состоит из следующих модулей.



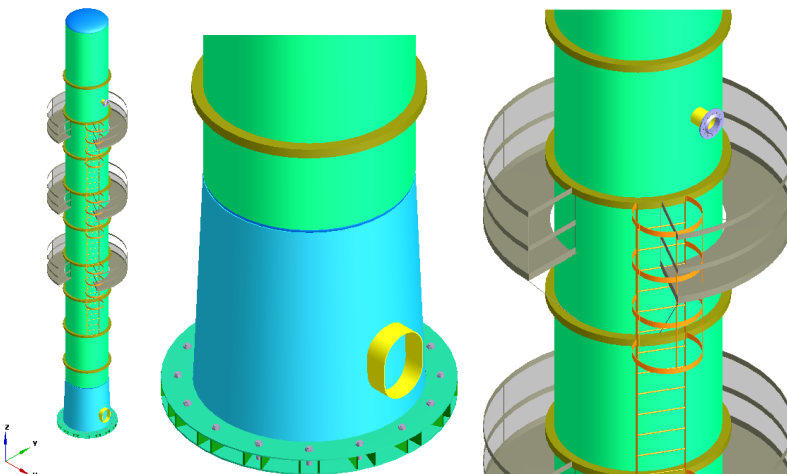
**Базовый модуль "ПАССАТ"** осуществляет расчет прочности и устойчивости горизонтальных и вертикальных сосудов и аппаратов по отечественным нормативным документам (НД). Расчет проводится как на основе последнего сборника ГОСТ Р 52857.(1-12)-2007, так и предшествующих ему ГОСТ 14249-89, ГОСТ 25221-82, ГОСТ 26202-84, ГОСТ 24755-89, РД 26-15-88, РД РТМ 26-01-96-77, РД 10-249-98, ОСТ 26-01-64-83, РД 26-01-169-89, РД24-200-21-91 и др.

Расчет на прочность и устойчивость аппаратов колонного типа с учетом ветровых нагрузок и сейсмических воздействий выполняется с помощью **модуля «ПАССАТ-Колонны»**. Расчет проводится на основе ГОСТ Р 51273-99, ГОСТ Р 51274-99.

Расчет на прочность и устойчивость теплообменных аппаратов кожухотрубчатого типа осуществляется с помощью **модуля «ПАССАТ-Теплообменники»** на основе ГОСТ Р 52857.7-2007, РД 26-14-88, ГОСТ

30780-2002.

Расчет на прочность и устойчивость горизонтальных и вертикальных сосудов с учетом нагрузок от сейсмических воздействий доступен с помощью **модуля «ПАССАТ-Сейсмика»** на основе СТО-СА-03.003-2009. (Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на сейсмические воздействия. Стандарт ассоциации экспертных организаций техногенных объектов повышенной опасности «Ростехэкспертиза»).



Расчет на прочность и устойчивость вертикальных стальных цилиндрических резервуаров по СТО-СА-03-002-2011, в том числе от ветровых, снеговых и сейсмических воздействий, выполняется с помощью модуля **«ПАССАТ-Резервуары»**.

Дополнительной функцией является расчет врезки штуцера в обечайки и выпуклые днища, а также арматурных фланцев от воздействия давления и внешних нагрузок по традиционным



американским и британским документам (**модуль «ПАССАТ-Штуцер»**). Расчет проводится на основе норм расчета на прочность оборудования ASME Sec.VIII, ASME Sec.II, WRC-107, WRC-297.

Передача 3D-модели аппарата в программу AutoCAD, с возможностью последующей генерации чертежей, производится с помощью **плагина «ПАССАТ-импорт AutoCAD»**.

***Расчеты производятся поэлементно, и включают в себя:***

- цилиндрические обечайки и конические переходы (гладкие и подкрепленные кольцами жесткости);
- приварные днища и отъемные днища и крышки (сферические, эллиптические, торосферические, конические, плоские (в том числе с ребрами жесткости), сферические неотбортованные);
- седловые опоры и цилиндрические обечайки в местах их опирания в случае горизонтальных сосудов и аппаратов;
- цилиндрические обечайки и днища в местах опирания на опорные стойки и лапы в случае вертикальных сосудов и аппаратов;
- укрепление отверстий;
- отводы;
- врезки (штуцера) в обечайки и выпуклые днища;
- фланцевые соединения;
- элементы аппаратов колонного типа от ветровых и сейсмических воздействий, в том числе установленных на постаменте;
- опорные обечайки аппаратов колонного типа;
- трубные решетки, кожух, трубы, компенсаторы, расширители, плавающие головки теплообменных аппаратов;
- камеры теплообменников воздушного охлаждения;
- элементы сосудов и аппаратов с рубашками (цилиндрической, U-образной, частично охваченные рубашками, со змеевиковыми и регистровыми каналами);
- элементы сосудов и аппаратов высокого давления (обечайки, днища, фланцы, крышки, врезки).

***Функциональные особенности программы:***

- автоматическое определение расчетных величин, таких как вес, расчетные длины, характеристики колец жесткости (как в цилиндрических обечайках, так и в седловых опорах), длины хорд окружностей и др. после задания геометрии элементов и свойств используемых материалов;
- определение расчетных толщин (как от внутреннего, так и от наружного давления) и допускаемых значений давления, сил и моментов, в процессе задания элемента;
- при изменении геометрических параметров или условий нагружения в элементе после предупреждения происходит автоматическое изменение данных в смежных элементах всей модели – таким образом поддерживается её целостность;
- выбор используемых материалов (по ГОСТ, ASME, EN) из базы данных с возможностью ее пополнения, при этом величины допускаемых напряжений, модулей упругости и т.д. подставляются и изменяются программой при изменении материала, температуры или толщины стенки автоматически;
- задание элементов аппаратных и трубных фланцевых соединений (фланцы, прокладки, шпильки,...) из базы данных по ГОСТ, ОСТ, АТК, СТО;
- формирование таблицы штуцеров.

***Удобство использования:***



- объемное графическое отображение геометрии с возможностью редактирования цвета, как отдельных элементов, так и всей модели;
- «каркасное» и «полупрозрачное» изображение, позволяющее увидеть внутренние элементы;
- анализ исходных данных; в случае, если пользователь не ввел всех необходимых для выполнения расчета данных или ввел их некорректно, программа выдает предупреждение до тех пор, пока все данные не будут заданы;
- построение эпюр нагрузок и перемещений при расчете колонных аппаратов и седловых опор;
- настройка размерностей (СИ, МКС, «Британская» система единиц и др.);
- формирование, просмотр и печать полного отчета по расчетам элементов модели с промежуточными результатами вычислений. Отчет оформлен в соответствии с ЕСКД и полностью соответствует подобным расчетам, сделанным вручную;
- автоматическое обновление программы через Интернет.

Системные требования: Процессор Pentium 4 с частотой от 2 ГГц, оперативная память 1 Гб, видеоадаптер с аппаратной поддержкой OpenGL и разрешением 1280x1024, операционная система WINDOWS XP SP2/Vista/Windows 7/Windows 8, MS Word 2003 или более поздний, AutoCAD 2010 или более поздний.

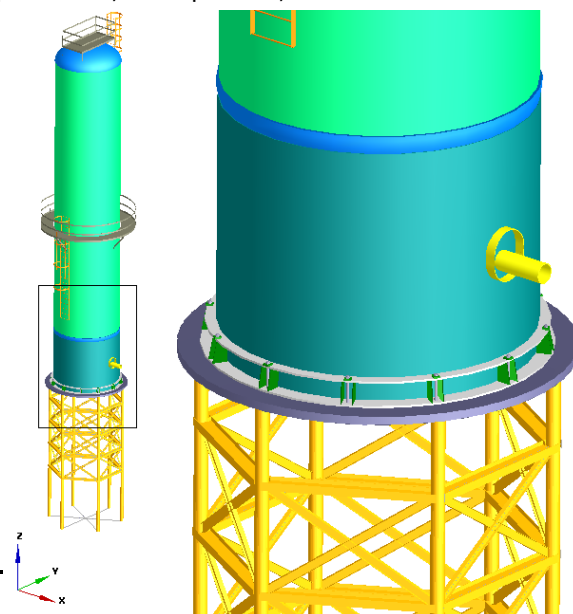
### Специализированные и дополнительные расчетные функции:

#### Базовый модуль «ПАССАТ»:

- расчет обечаек горизонтальных сосудов и аппаратов с произвольным количеством опор (более 2) и их расположением; построение эпюр перемещений, поперечных усилий, изгибающих моментов, запасов прочности и устойчивости;
- расчет прочности и жесткости места соединения штуцера с сосудом (аппаратом);
- расчет арматурных и аппаратных фланцевых соединений от давления, внешних сил и моментов, а также температурных напряжений;
- расчет овальных штуцеров;
- расчёт отъемных крышек;
- расчет малоциклового прочностного элемента;
- расчет на прочность обечаек и днищ с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечаек;
- расчет прочности и устойчивости рубашек (цилиндрической, U-образной, частично охватывающей, со змеевиковыми и регистровыми каналами);
- расчет прочности элементов сосудов и аппаратов высокого давления (обечайки, днища, фланцы, крышки, врезки);

#### Модуль «ПАССАТ-Колонны»:

- определение периода низшей частоты колебаний аппаратов колонного типа с произвольным числом элементов;
- расчет усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий;
- возможность изменения ветрового давления в зависимости от типа местности по СНиП 2.01.07-85;
- расчет на прочность и устойчивость элементов аппаратов колонного типа;

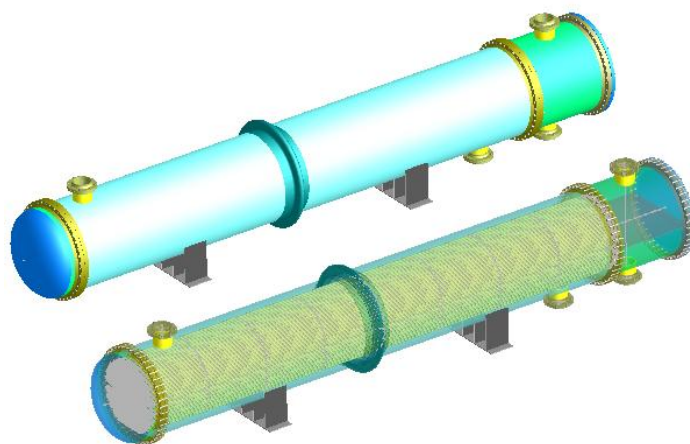




- расчет опоры типа цилиндр + конус с возможностью задания переходной (забойной) обечайки;
- автоматическое определение положения и характеристик наиболее опасного поперечного сечения опорной обечайки;
- расчет аппарата колонного типа, установленного на постамент. Постамент может быть выполнен как в виде цилиндрической или конической обечайки, так и в виде металлоконструкции;
- определение наиболее слабого сечения опорной обечайки аппарата колонного типа ПАССАТ выполняет автоматически, используя итерационный метод;
- расчет нагрузок от аппарата колонного типа на постамент и фундамент.

#### Модуль «ПАССАТ-Теплообменники»:

- задание параметров теплообменного элемента в едином многооконном диалоге;
- определение расчетных усилий в трубной решетке, кожухе, трубах;
- расчет трубных решеток, кожуха труб, компенсатора, расширителя, плавающей головки;
- расчет тощин стенок и перегородок камеры аппарата воздушного охлаждения.



#### Модуль «ПАССАТ-Сейсмика»:

- расчет нагрузок от сейсмических воздействий на горизонтальные и вертикальные сосуды и аппараты;
- расчет элементов сосудов и аппаратов с учетом нагрузок от сейсмических воздействий.

#### Модуль «ПАССАТ-Резервуары»:

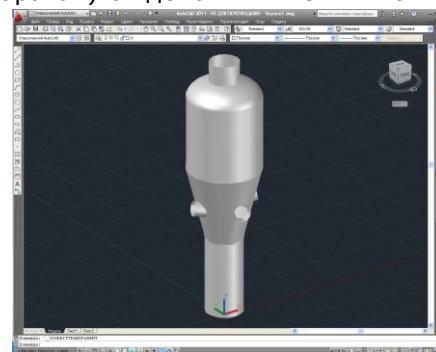
- расчет на прочность и устойчивость стенки, бескаркасной стационарной крыши и дна резервуара, включая ветровые, снеговые и сейсмические воздействия;
- расчет анкерного крепления стенки;
- определение допускаемых нагрузок на патрубки врезок в стенку резервуара.

#### Модуль «ПАССАТ-Штуцер»:

- расчет прочности места соединения штуцера с сосудом (аппаратом) от действия внешних сил и моментов;
- расчет арматурных и аппаратных фланцевых соединений от давления, внешних сил и моментов, а также температурных напряжений.

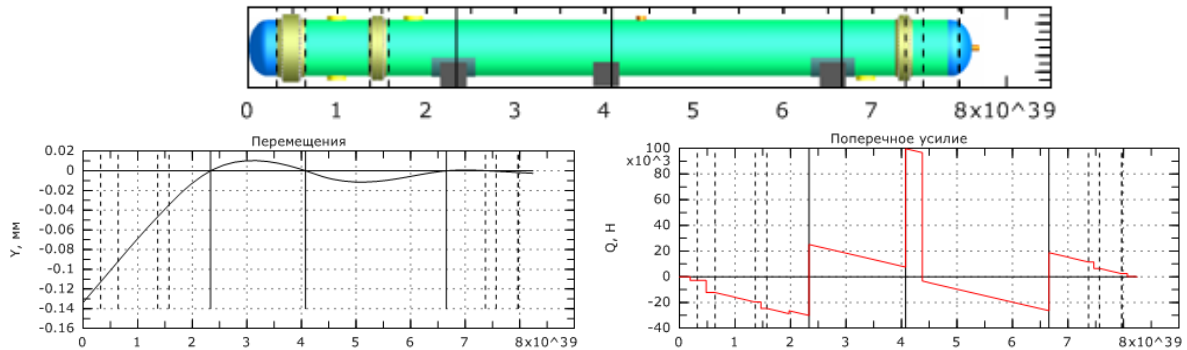
#### Плагин «ПАССАТ-импорт AutoCAD» (входит в базовую конфигурацию):

- объемная модель аппарата может быть передана в программу AutoCAD, что позволяет упростить подготовку конструкторской документации средствами этой программы.



**Исходными данными являются:** тип, геометрические характеристики и материал элементов сосуда или аппарата, тип и расположение опор, вид испытаний, величины нагрузок. Выбор характеристик используемых материалов производится из базы данных, которая может корректироваться и дополняться пользователем. **Результаты расчета** выдаются в виде полного отчета по элементам модели со всеми промежуточными результатами вычислений, выведены в формат MS Word оформленными по ЕСКД.

Обеспечивается качественная и оперативная техническая поддержка пользователей.



Наглядное отображение эпюр перемещений, сил, моментов и критериев прочности и устойчивости.

### СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	3
2. Исходные данные для расчета	4
3. Эпюры сил и моментов	5
4. Композ элемента 'Saddle support #3'	7
5. Ellipsoidal head #2	7
6. Flange joint #3	7
7. Cylindrical shell #2	7
8. Nozzle #4	7
9. Nozzle #3	7
10. Flange joint #2	7
11. Cylindrical shell #1	7
12. External loads onto apparatus #1	7
13. Saddle support #3	7
14. Композ элемента 'Saddle support #3'	7
15. Lumped mass #1	7
16. Oval nozzle #1	7
17. Nozzle #2	7
18. Nozzle #1	7
19. Saddle support #2	7
20. Saddle support #1	7
21. Flange joint #1	7
22. Cylindrical shell #3	7
23. Ellipsoidal head #1	7
24. Oval nozzle #2	7
25. Список использованных источников	7
26. Лист регистрации изменений	7

### 5. Ellipsoidal head #2

**Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89**

**5.1. Исходные данные**

Материал:	Вст3Сп5
Внутр. диаметр, D:	1000 мм
Толщина стенки днища, s <sub>1</sub> :	10 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c <sub>1</sub> :	2 мм
Прибавка для компенсации технологического допуска, c <sub>2</sub> :	0 мм
Прибавка технологическая, c <sub>3</sub> :	0 мм
Суммарная прибавка к толщине стенки, c:	2 мм
Высота днища, H:	200 мм
Длина отбортовки, h <sub>1</sub> :	110 мм

Радиус кривизны в вершине днища:  
 $R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = \frac{1000^2}{4 \cdot 200} = 1250 \text{ мм}$

Коэффициент прочности сварного шва:  
 Тип шва: Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический  
 Контроль 100%: Да  
 $\Phi_p = 1$

**5.2. Расчёт в рабочих условиях**

**5.2.1. Условия нагружения:**  
 Расчётная температура, T: 100 °C  
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 0.3 МПа

**5.2.2. Результаты расчёта:**

**Допускаемые напряжения:**  
 Допускаемые напряжения для материала Вст3Сп5 при температуре 100 °C (рабочие условия):  
 $[\sigma] = \min(R_e/1.5; R_m/2.4) = \min(200/1.5; 400/2.4) = 134 \text{ МПа}$   
 Модуль продольной упругости для материала Вст3Сп5 при температуре 100 °C:  
 $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

**Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением (п. 3.3.1.).**  
 Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:  
 $s_b + c = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \Phi - 0.5 \cdot p}{p \cdot R} + c = \frac{2 \cdot 134 \cdot 1 - 0.5 \cdot 0.3}{0.3 \cdot 1250} + 2 = 3.4 \text{ мм}$   
 Допускаемое напряжение:  
 $[\sigma] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \Phi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)} = \frac{2 \cdot 134 \cdot 1 \cdot (10 - 2)}{1250 + 0.5 \cdot (10 - 2)} = 1.71 \text{ МПа}$   
 1.71 МПа > 0.3 МПа  
 Заключение: **Условие прочности выполнено**

**Расчёт отбортовки (п. 3.3.1.4.).**  
 $s_1 > 0.8 \cdot \sqrt{D \cdot (s_1 - c)} = 0.8 \cdot \sqrt{1000 \cdot (10 - 2)} = 71.55$ , требуемый расчёт участка отбортовки

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разработ.	Исаков			
Проверил.	Петров			
Распечатал				
И. комп.				
Утвердил				

ТЕПЛООбМЕННИК		
Лит.	Лист	Листов
	2	133
«НТП Трубопровод» г. Москва		

Фрагменты отчета в MS Word