

УДК 624.078

Федірко П.П.*к.т.н., доцент**кафедра ремонту машин та енергообладнання
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail : polfedirko@gmail.com***Девін В.В.***к.т.н., доцент**кафедра фізико-математичних і загальнотехнічних дисциплін
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail : dvvkr@rambler.ru***Ткачук В.С.***к.т.н., доцент**кафедра фізико-математичних і загальнотехнічних дисциплін
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail : twskm@mail.ru*

МОДЕЛЮВАННЯ І РОЗРАХУНОК РЕАКТОРА ВИСОКОГО ТИСКУ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ПАССАТ

Анотація

Апарати високого тиску широко використовують в різних галузях промисловості. Від досконалості їх конструкції залежить надійність роботи, безпека робітників, продуктивність. Особливістю проектування апаратів є те, що їх розрахунок регламентується численними нормативними документами – державними і галузевими стандартами, нормами тощо.

Результатом представленої роботи є висновок про те, що програмний комплекс «Пассат» може успішно застосовуватися для оцінки міцності обладнання високого тиску. Використання «Пассат» для таких розрахунків дозволяє виконати всі вимоги, що пред'являються діючими нормативними документами, дозволить зменшити металоемність устаткування, збільшити надійність його роботи і понизити собівартість і, зрештою, підвищити якість продукції, яка виробляється.

Подальше застосування програми «Пассат» на стадії проектувального розрахунку дозволить розробникам знайти оптимальні геометричні форми і розміри вузлів конструкції, виходячи з реально діючих в процесі експлуатації установки навантажень, що не завжди можливо зробити з використанням аналітичних залежностей.

Ключові слова: *апарат високого тиску, комп'ютерне моделювання, розрахунок, Пассат.*

Вступ. Апарати високого тиску широко використовують в галузі переробки сільськогосподарської продукції, харчових виробництв, в різних галузях промисловості. Від досконалості їх конструкції залежить надійність роботи апаратів, безпека обслуговуючого персоналу, продуктивність і в кінцевому результаті собівартість продукції.

Процес конструювання реакторів високого тиску неможливий без застосування сучасного комп'ютерного забезпечення. Існує багато програм для моделювання і розрахунку посудин і апаратів, таких як Compress, Vessel, PV Elite, Microprotol,

MechaniCS, PV/Designer, Пассат. Особливістю проектування апаратів високого тиску є те, що їх розрахунок регламентується численними нормативними документами: державними, галузевими стандартами, нормами, технічними умовами тощо. Тому для моделювання і розрахунку реактора високого тиску нами було обрано програмний комплекс «Пассат» який орієнтований на нормативну базу країн СНД (державні та галузеві стандарти) і має вбудовану базу вітчизняних матеріалів і стандартних елементів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Конструкції посудин та апаратів високого тиску визначаються вимогами хіміко-технологічного процесу, експлуатаційними параметрами і характеристиками (тиск, температура, властивості робочого середовища, режим роботи), продуктивністю та оснащеністю технологічним устаткуванням заводів-виробників, умовами транспортування і монтажу. Конструкції посудин високого тиску повинні відповідати вимогам нормативному документу НПАОП 0.00-1.07-94 [1].

Розрахунок на міцність посудини або апарата зводиться до перевірки виконання умов міцності, а в ряді випадків і стійкості, його окремих елементів: обичайки, кришки, днища тощо. Розрахунок циліндричних і конічних обичайок, випуклих та плоских днищ та кришок регламентує ГОСТ Р 52857.2-2007 [2], загальні технічні вимоги ГОСТ Р 52630-2006 [3].

Для розрахунку будь-якого елемента обладнання, крім його геометричних розмірів, необхідно задати наступні вихідні дані: марку стали, розрахункову температуру, розрахункове внутрішнє надлишковий або зовнішній тиск, коефіцієнт запасу міцності зварних швів, модуль поздовжньої пружності (при розрахунку елементів устаткування на стійкість).

Розрахунок проводять для робочих умов і умов гідравлічних випробувань (розрахункова температура приймається в даному випадку рівної 20⁰С).

Марка стали вибирається залежно від корозійних властивостей робочого середовища з умови, що швидкість корозії не повинна перевищувати 0,1 мм / рік. Розрахункову температуру використовують для визначення фізико-механічних характеристик матеріалу та допустимих напружень, а також при розрахунку на міцність з урахуванням температурних впливів.

Найбільш повний, комплексний розрахунок апаратів високого тиску можна провести в програмному комплексі «Пассат» (Прочностной Анализ Состояния Сосудов Аппаратов Теплообменников), розробленому спеціалістами НТП «Трубопровод» [4], [5].

Програма дозволяє провести розрахунок міцності та стійкості горизонтальних і вертикальних посудин і апаратів відповідно до норм і стандартів, які використовуються в нашій країні.

Результати розрахунку видаються у вигляді повного звіту за елементами моделі з усіма проміжними результатами обчислень, виведені в формат MS Word оформленими за ЄСКД.

Мета роботи полягає у вдосконаленні методики проектування апаратів високого тиску за рахунок застосування програмного комплексу «Пассат».

Методолгія дослідження. Алгоритм розрахунок апарату високого тиску на міцність покажемо на прикладі реактора для надкритичної CO₂ екстракції.

Вихідні дані для розрахунку: висота корпусу – 1000 мм, внутрішній діаметр – 190 мм, робочий тиск – 50 МПа, температура 60 С⁰. Розрахунок проводять за наступним порядком:

1) проводять вибір конструкційних матеріалів апарату і ущільнюючих елементів з урахуванням агресивності робочого середовища і її температури; визначають швидкість корозії матеріалу корпусу;

2) визначають механічні властивості обраних конструкційних матеріалів і вибирають коефіцієнти запасу міцності для робочих умов і умов гідравлічних випробувань, коефіцієнти запасу стійкості і коефіцієнти міцності зварних швів;

3) розраховують товщину стінки циліндричного корпусу, перевіряють її на допустимий робочий тиск і на тиск в умовах гідравлічного випробування;

4) розраховують товщини стінок, фланців і кришок, перевіряють їх на допустимий тиск і в на тиск в умовах гідравлічного випробування;

5) підбирають матеріал, визначають коефіцієнт запасу міцності і розраховують болти для верхнього і нижнього з'єднань кришки і фланця;

6) визначають конструктивні розміри кінцевих елементів корпусу апарату.

Для моделювання і розрахунку реактора високого тиску в програмному комплексі «Пассат» [4, 5] автори пропонують наступний алгоритм розрахунку.

Приступаючи до проектування моделі, спочатку слід визначитися з типом апарату, а також з його загальними параметрами. У процесі роботи ці дані можна коригувати. Внести в систему вихідні дані означає поставити геометричні розміри, склад і матеріал деталей конструкції. Послідовність проектування кожного з елементів не має значення.

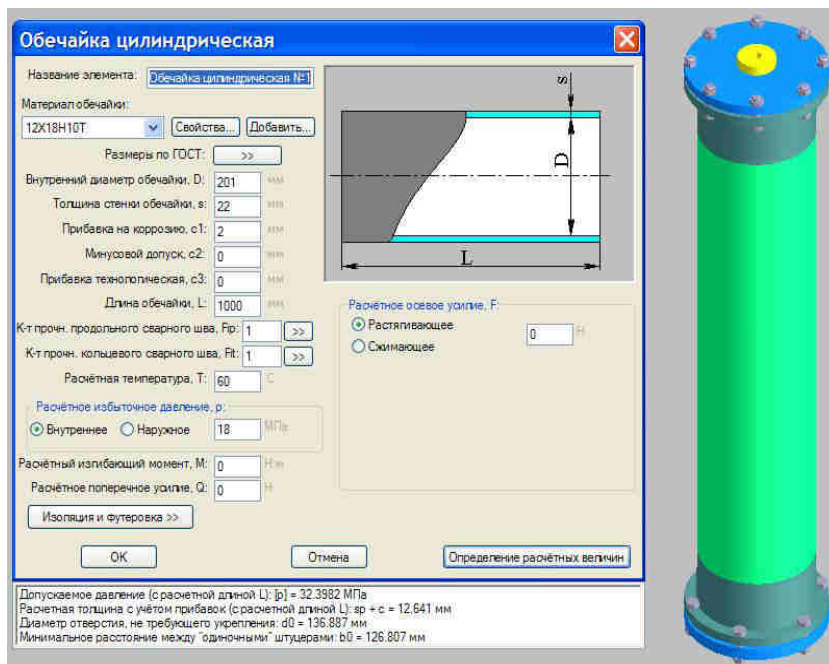


Рис. 1. Вікно програми для розрахунку обичайки

На рисунку 1 наведено приклад необхідних розрахункових величин для конструювання обичайки. Все це потрібно для вибору нормативно-технічного документа, на основі якого здійснюється розрахунок міцності і визначається внутрішній діаметр ємності, товщина стінки, довжина обичайки, коефіцієнти зварних швів (кільцевого, поздовжнього), допустимий тиск і температура, матеріал, надбавка для компенсації корозії.

За таким же принципом задаються вихідні дані для нижньої плоскої кришки, що відображено на рисунку 2. Щоб розрахувати міцність даного елемента, буде потрібно

наступна інформація: внутрішній діаметр, висота і товщина кришки, надбавка для компенсації корозії, коефіцієнт міцності зварних швів, розрахункові значення тиску і температури.

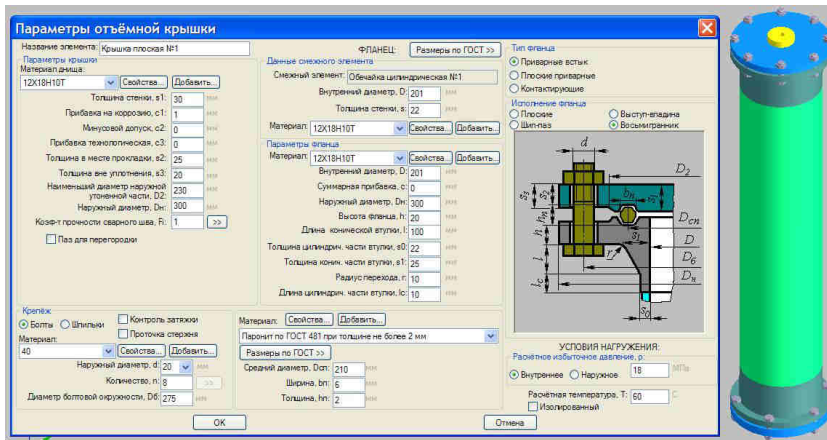


Рис. 2. Вікно програми для розрахунку фланця, прокладки, кришки і болтів

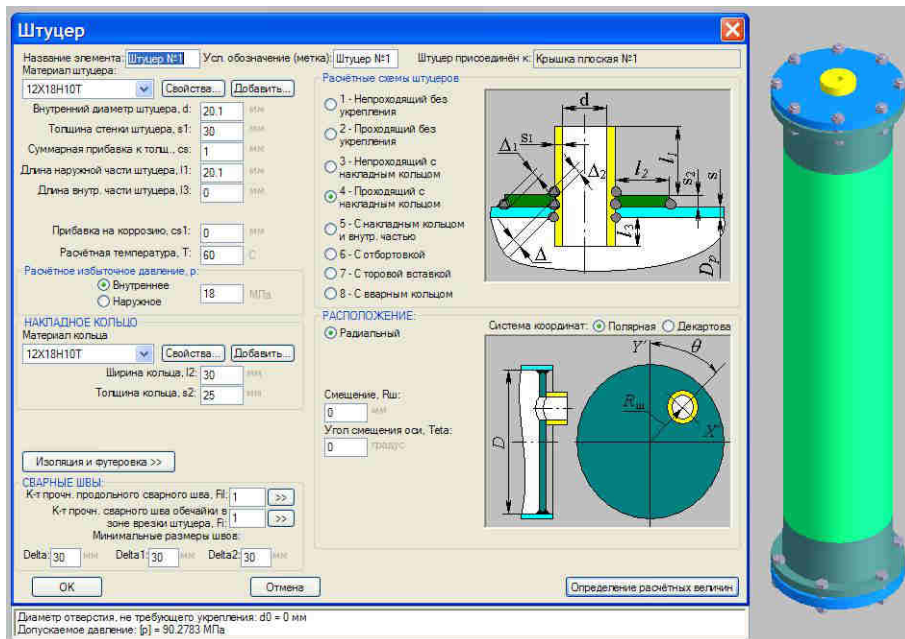


Рис. 3. Вікно програми для розрахунку штуцера

Що стосується верхньої плоскої кришки, то її параметри в точності збігаються з параметрами нижньої. Отже, за допомогою функції «Копіювання» потрібно виконати позиціонування елемента з аналогічною геометрією.

Розрахунок штуцерів, оглядового люка, несучих вушок виконується точно так само, як в попередньому випадку.

Результати. В ході роботи були розроблені методика і алгоритм застосування програмного комплексу «Пассат» для конструювання і розрахунку реактора високого тиску. Визначені розміри і перевірена міцність основних елементів конструкції. На останньому етапі отримано докладний звіт про виконану роботу (рисунок 4). Результати розрахунків представляються у компактній і наочній формі.

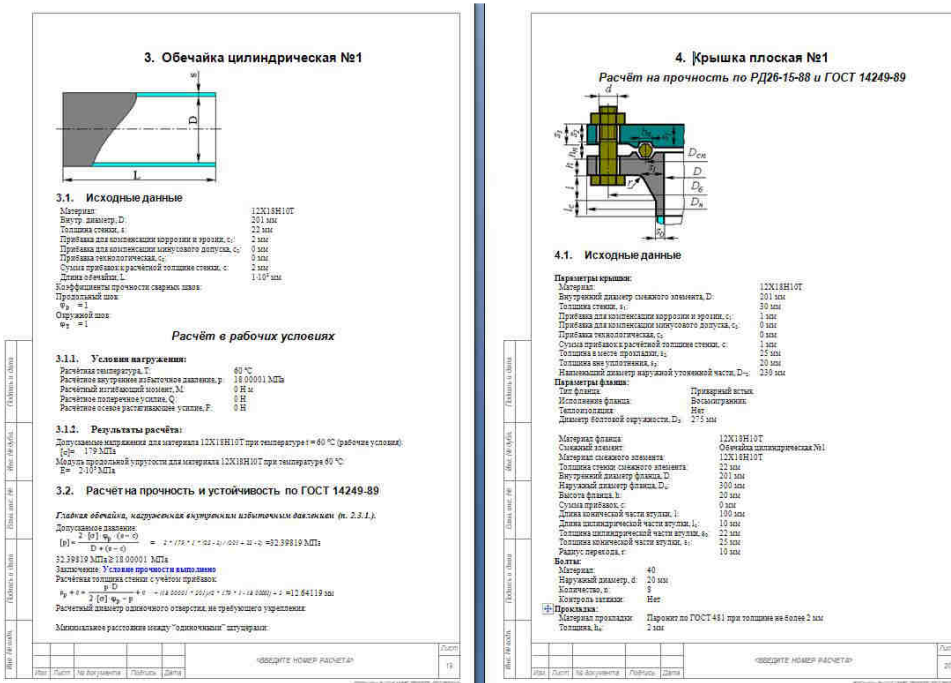


Рис. 4. Фрагмент звіту про розрахунок

Висновки і перспективи. Застосування програми «Пассат» на стадії проєктувального розрахунку дозволяє розробнику знайти оптимальні геометричні форми і розміри вузлів конструкції, виходячи з реально діючих в процесі експлуатації установки навантажень, що не завжди можливо зробити з використанням аналітичних залежностей. Використання «Пассат» для таких розрахунків дозволяє виконати всі вимоги, що пред'являються діючими нормативними документами, зменшити металоємність устаткування, збільшити надійність його роботи і понизити собівартість і, зрештою, підвищити якість продукції, яка виробляється.

Список використаних джерел

1. НПА ОП 0.00-1.07-94 "Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском". К.: Держнаглядодохоронпраці, 1998. 79 с.
2. ГОСТ Р 52857.1-12) - 2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета. Москва : Стандартинформ, 2009. URL : http://docs.nevacert.ru/files/gost/gost_r_52857.1-2007.pdf (дата звернення 10.02.2017).
3. ГОСТ Р 52630-2012. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия. Москва : Стандартинформ, 2013. URL: <http://gostfr.com/standart/53/53446.htm> (дата звернення 10.02.2017).
4. Краснокутский А. Н. Методики расчетов сосудов и аппаратов и их реализация в программне

«Пассат». Технологии нефти и газа. 2012. № 3. с. 21-27.

5. Горбачев А. В. Расчет на прочность емкостного аппарата ВЭЭ1-1-3,2-0,6 из стали 12Х18Н10Т в программе «Пассат» Вестник Пензенского государственного университета. 2015. №4 (12). С. 146-152.

6. Binesh P. Vyas, R. M. Tayade, Ankit D. Kumbhani “Design Of Vertical Pressure Vessel Using Pvelite Software”, International Journal of Engineering Research & Technology Vol.2 Issue 3 (March - 2013).

7. V. Vijay Kumar & P. Kumar, “Mechanical Design of Pressure Vessel by using PV Elite Software”. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 2014. 4(4). 1-4.

8. Іванченко В.В., Генкіна І.М., Тараненко Г.В., Штонда Ю.М. Конструювання і розрахунок посудин та апаратів високого тиску. Луганськ: Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2010. 260 с.

9. Хисматуллин Е.Р., Королев Е.М., Лифшиц В.И. и др. Сосуды и трубопроводы высокого давления: Справочник. М.: Машиностроение, 1990. 384 с.

Дата надходження статті до редакції: 25.01.2017.

1 рецензування 25.02.2017 Прийняття в друк 15.04.2017

Fedirko P.P.

*Ph.D. (Techn.), Associate Professor
Department of Agricultural machines
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail : polfedirko@gmail.com*

Devin V.V.

*Ph.D. (Techn.), Associate Professor
Department of Physical-mathematical and general-technical disciplines
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail : dvvvp@rambler.ru*

Tkachuk V.S.

*Ph.D. (Techn.), Associate Professor
Department of Physical-mathematical and general-technical disciplines
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail : twskm@mail.ru*

MECHANICAL DESIGN OF PRESSURE VESSEL BY USING PASSAT SOFTWARE COMPLEX

Abstract

Pressure vessel is widely used in various industries. Reliability, safety of workers, productivity depend on its design. The peculiarity of the design of these devices is that their calculation is regulated by numerous regulations such as the state and industry standards, norms, and the like.

The result of the present work is the conclusion that the software package "Passat" can be successfully applied to assess the strength of the high-pressure equipment. Using "Passat" for such calculations enables to fulfill all requirements of the applicable regulations. It will reduce metal equipment, increase operational reliability and reduce costs, and finally, it will improve the quality of the products.

Application of the "Passat" program in the calculation of the design stage will allow the developer to find the optimal geometric shape and size of construction sites, based on the actual operating loads in the process of operation that is not always possible to fulfill using analytical dependences.

Key words: *pressure vessel, design, calculation, Passat.*

Referenses

1. NPAOP 0.00-1.07-94 "Pravyla budovy ta bezpechnoi' ekspluatacii' posudyn, shho pracjуют' pid tyskom". Kyiv : Derzhnagljadohoronpraci, 1998. 79 s.
2. GOST R 52857.(1-12) - 2007. Sosudy y apparaty. Normy y metody rascheta. Moskow : Standartynform, 2009. URL : http://docs.nevacert.ru/files/gost/gost_r_52857.1-2007.pdf
3. GOST R 52630-2012. Sosudy y apparaty stal'nye svarnye. Obshhye tehnycheskye uslovyja. M. : Standartynform, 2013. URL: <http://gostrf.com/standart/53/53446.htm>
4. Krasnokutskyj, A. N. (2012). Metodyky raschetov sosudov y apparatov y yh realizacija v programne «Passat». *Tehnologyy nefty y gaza*, 3, 21-27.
5. Gorbachev, A. V. (2015). Raschet na prochnost' emkostnogo apparata VЭЭ1-1-3,2-0,6 yz staly12H18N10T v programne «Passat». *Vestnyk Penzenskogo gosudarst-vennogo unyversyteta*, 4 (12), 146-152.
6. Binesh, P. Vyas, R. M. Tayade, & Ankit, D. (2013). Kumbhani "Design Of Vertical Pressure Vessel Using Pvelite Software". *International Journal of Engineering Research & Technology*, Vol.2, Issue 3 (March - 2013).
7. V. Vijay Kumar & P. Kumar (2014). Mechanical Design of Pressure Vessel by using PV Elite Software. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4), 1-4.
8. Ivanchenko V.V., Gjenkina I.M., Taranenko G.V., & Shtonda Ju.M. (2010). *Konstrujuvannja i rozrahunok posudyn ta aparativ vysokogo tysku*. Lugans'k: Vydavnyctvo Shidnoukrai'ns'kogo nacional'nogo unyversytetutu imeni Volodymyra Dalja. [in Ukr.].
9. Hysmatullyn, E.R., Korolev, E.M., Lyfshyc, V.Y. et al. (1990). *Sosudy y truboprovody vysokogo davlenija: Spravochnyk*. Moskow : Mashynostroenye. [in Rus.].

Received: January 01, 2017

1 Revision: Februaury 25, 2017 Accepted : April 15, 2017