

УДК 66.05

Победоносцева М.В., Таволгин А.Ю.

**ОЦЕНКА СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ НА УСЛОВИЯ ДЕЙСТВИЯ
ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЕЧНО-
ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ.**

Волгоградский государственный технический университет,

Волгоград, пр. им. Ленина 28, 400005

Pobedonostseva M.V., Tavolgin A.Y.

**STATIC STRENGTH CALCULATION FOR WIND LOAD WITH FINITE
ELEMENT MODEL.**

Volgograd State Technical University,

Volgograd, Lenin avenue, 28, 400005

Аннотация. В ходе работы был проведен анализ статической прочности на условия действия ветровой нагрузки методом конечных элементов адсорбирующей колонны. Определены суммарная ветровая нагрузка и внешние нагрузки на штуцера, внешние нагрузки от опор трубопроводов и построена конечно-элементная модель. По установленным критериям прочности оценивались максимальные значения интенсивности напряжений. Проведенный расчет показал, что максимальные значения интенсивности напряжений, удовлетворяют установленным критериям прочности.

Ключевые слова: Конечно-элементная модель, адсорбирующая колонна, статическая прочность, ветровая нагрузка, внешняя нагрузка, расчет, анализ.

Abstract. In the course of an analysis of the statistical strength of the conditions for the operation of wind loads by finite element method of adsorbing tower. Determine the total wind load and external load on the nipple, the external loads on the pipe supports and built finite element model. According to the criteria of strength

were estimated maximum values of stress intensity. The calculation showed that the maximum stress intensity, meet the criteria of safety.

Key words : finite element model, adsorbing tower, static strength ,wind load, external load, calculation, analysis.

Вступление.

Адсорбирующие колонны А-100А÷Е, А-120÷Е представляют собой вертикальный цилиндрический сосуд диаметром 4600 мм и высотой 18,5 м, изготовленный из стали SA-533 Gr.BCl.2, установленной на открытой площадке. Колонны предназначены для осушки природного газа с использованием силикагеля перед его подачей на транспортировку. Анализ статической прочности адсорбирующих колонн на условия действия ветровой нагрузки выполняется с использованием конечно-элементной модели, изображенной на рис. 2. Анализ статической прочности используется для оценки максимальных значений интенсивности напряжений по установленным критериям прочности.

Обзор литературы.

Анализ проводится с использованием программного конечно-элементного комплекса ANSYS 14.5. ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного анализа. Является популярной в выполнении автоматических инженерных расчётов. Одним из главных нововведений для прочностных расчетов в версии 14.5 являются инструменты для анализа механики разрушения в интерфейсе Mechanical. Программа выполняет расчеты для аппаратов высокого давления в соответствии со стандартом ASME Sec. VIII, Div.2, 2010.

Входные данные и методы.

Граничные условия:

1) Давление в аппарате определяется как максимальное рабочее давление за рабочий цикл ($p=9,25\text{МПа}$).

2) Распределение температуры в модели определяется из задачи анализа температурных полей для летнего режима эксплуатации аппаратов на момент

окончания фазы охлаждения (95 минут от начала цикла). В момент времени имеют максимальные температурные напряжения во всех элементах аппарата.

3) Горизонтальная ветровая нагрузка (F_w) действующая с наружной стороны аппарата определяется из расчета ветровых нагрузок. Суммарная ветровая нагрузка, действующая на соответствующий элемент аппарата, представлена в таблице 1.

Таблица 1

Элемент	Суммарная ветровая нагрузка, Н
Опора	$1,102 \cdot 10^5$
Днище полусферическое нижнее	$9,512 \cdot 10^4$
Корпус	$9,497 \cdot 10^4$
Днище полусферическое верхнее	$4,038 \cdot 10^4$

Ветровая нагрузка определяется как равномерно распределенное усилие, приложенное к наружной стороне аппарата (рис. 1). Ветровая нагрузка в модели определяется как комбинация 2-х усилий (1):

$$F = \frac{F_x + F_z}{2} \Rightarrow F_x = F_z = F_w \quad (1)$$

4) Весовая нагрузка (W): вес элементов аппарата, вес футеровки, вес насадки.

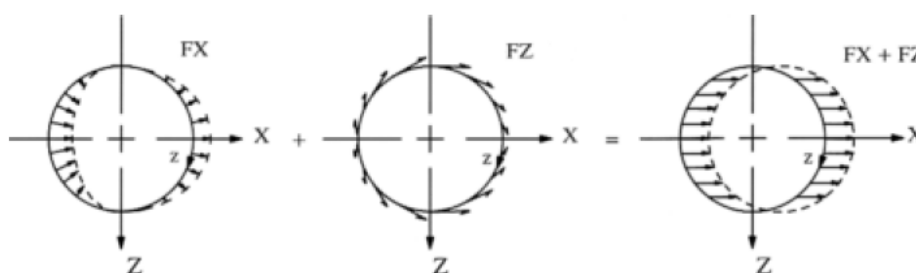


Рис. 1. Эпюры

5) Внешние нагрузки на штуцера представлены в таблице 2. Нагрузки P_r , M_r определяются как осесимметричные, а нагрузки V_1 , V_c , M_1 , как неосесимметричные.

Таблица 2

Штуцер	DN	P_r , Н	V_c , Н	V_1 , Н	M_c , Нм	M_1 , Нм	M_r , Нм
N2	24"	63000	47250	63000	88200	114600	132300
M1	28"	79983	67542	18857	162724	39472	22761

б) Внешние нагрузки от опор трубопроводов приложены к наружной поверхности корпуса аппарата и представлены в таблице 3. Нагрузки F_y , M_y определяются как осесимметричные, а нагрузки F_x , F_z , M_x , M_z как неосесимметричные.

Таблица 3

F_x , Н	F_y , Н	F_z , Н	M_x , Нм	M_y , Нм	M_z , Нм
552064	233826	122788	44790	78894	35714

7) Нижнее опорное кольцо аппарата считается неподвижным.

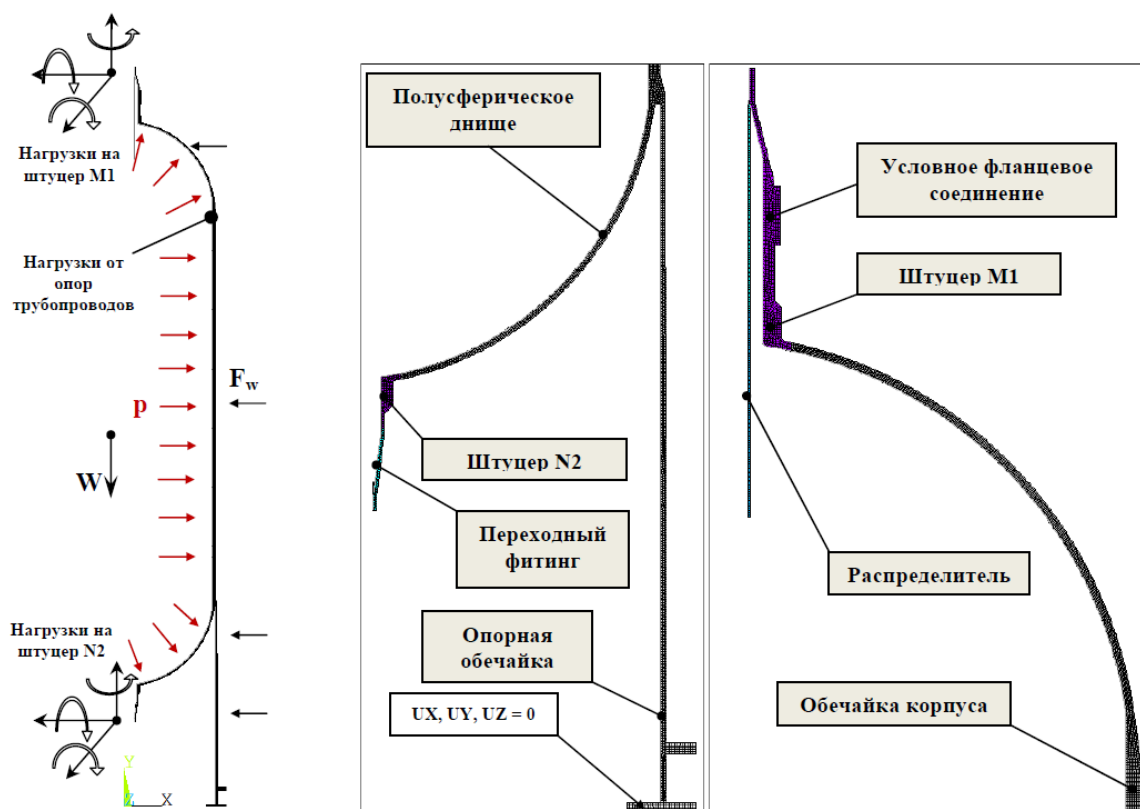


Рис. 2. Конечно-элементная модель адсорбирующих колонн.

Результаты анализа напряженно-деформированного состояния.

На рис. 3 представлено распределение суммарных перемещений в модели адсорбирующих колонн.

Результаты анализа оцениваются на соответствие критериям, установленным в международном стандарте [1], для различных категорий интенсивности напряжений. Они включают:

P_1 – местные мембранные напряжения;

P_b – общие изгибные напряжения;

Q – вторичные мембранные напряжения плюс напряжения при изгибе.

Условия статической прочности выполняются, если:

- 1) $P_1 \leq 1,5S$
- 2) $P_1 + P_b \leq 1,5S$
- 3) $P_1 + P_b + Q \leq 3S$

S – Значение максимального допускаемого напряжения при заданной температуре, определенное в соответствии с таблицей A5 ASME BPVC Sec. II, PartD [2].

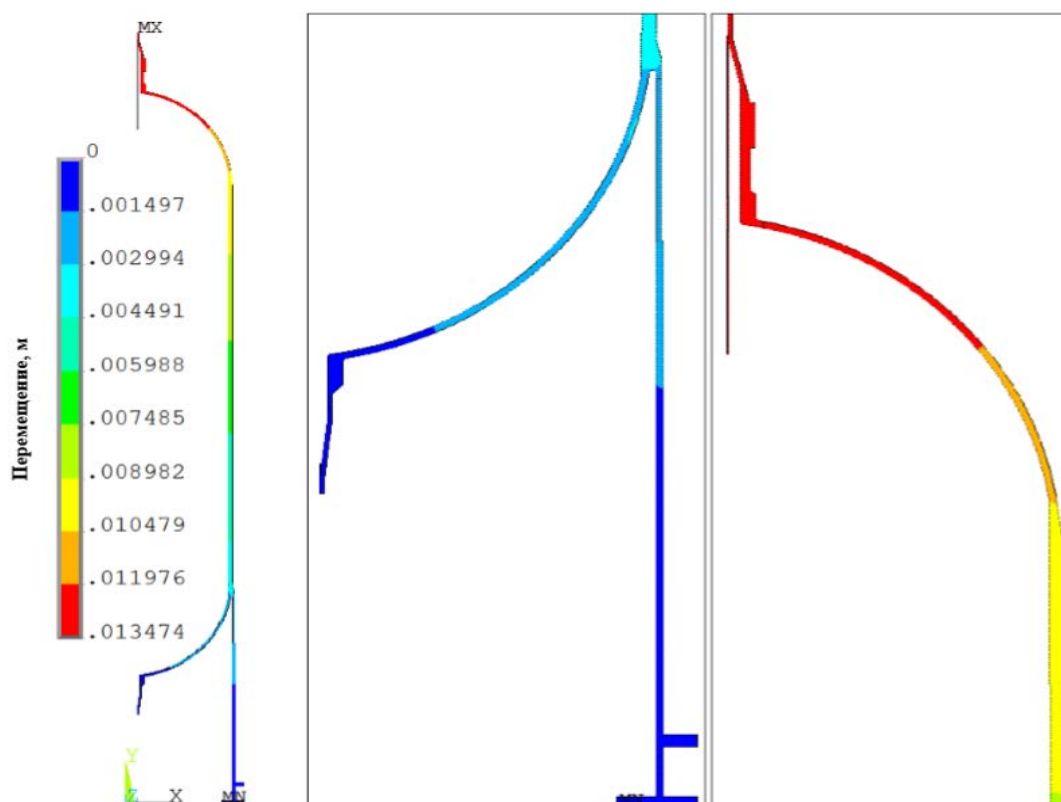


Рис. 3. Распределение суммарных перемещений в модели адсорбирующих колонн.

Результаты. Обсуждение и анализ.

Интенсивность напряжений определяется линеаризацией суммарного напряжения, проходящего через линию оценки, с использованием средств комплекса ANSYS. Распределение интенсивности и расположение линий оценки изображено на рис. 4. Результаты оценки напряжений представлены в таблице 4.

Таблица 4

Линия	Расчетное значение интенсивности напряжений (S_c) МПа	Максимальная температура в сечении (Т), °С	Допускаемое напряжение (S), МПа	Допускаемое напряжение интенсивности напряжений ($[S]_c$), МПа	Отношение $\frac{S_c}{[S]_c}$
1	$P_l=10,5$	33,0	175,0	$1,5 S = 262,5$	0,040
	$P_l+P_b=52,3$			$1,5 S = 262,5$	0,199
	$P_l+P_b+Q=55,8$			$3S = 525,0$	0,106
2	$P_l=9,8$	33,4	175,0	$1,5 S = 262,5$	0,037
	$P_l + P_b= 12,6$			$1,5 S = 262,5$	0,048
	$P_l+P_b+Q=16,5$			$3S = 525,0$	0,031
3	$P_l=95,5$	37,8	175,0	$1,5 S = 262,5$	0,364
	$P_l + P_b= 135,9$			$1,5 S = 262,5$	0,518
	$P_l+P_b+Q=135,5$			$3S = 525,0$	0,518
4	$P_l=232,5$	40,6	259,0	$1,5 S = 388,5$	0,598
	$P_l + P_b= 340,4$			$1,5 S = 388,5$	0,876
	$P_l+P_b+Q=406,4$			$3S = 777,0$	0,523
5	$P_l=166,7$	40,4	259,0	$1,5 S = 388,5$	0,429
	$P_l + P_b= 178,1$			$1,5 S = 388,5$	0,458
	$P_l+P_b+Q=179,0$			$3S = 777,0$	0,230
6	$P_l=230,8$	42,6	259,0	$1,5 S = 388,5$	0,594
	$P_l + P_b= 307,0$			$1,5 S = 388,5$	0,790
	$P_l+P_b+Q=330,8$			$3S = 777,0$	0,426
7	$P_l=308,9$	44,2	259,0	$1,5 S = 388,5$	0,795
	$P_l + P_b= 342,3$			$1,5 S = 388,5$	0,881
	$P_l+P_b+Q=342,2$			$3S = 777,0$	0,440

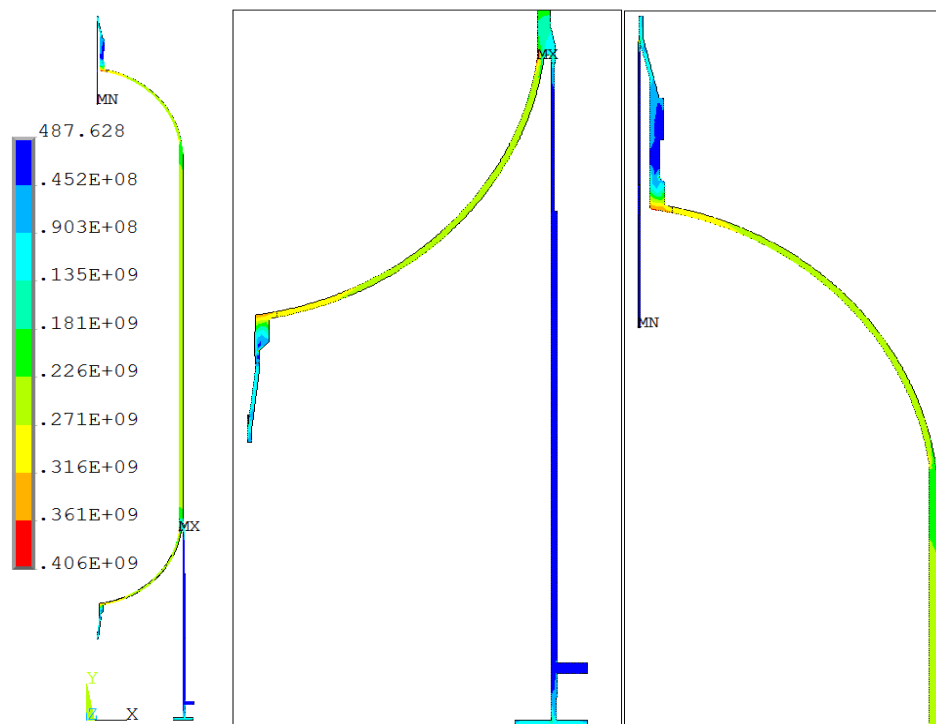


Рис. 4 . Распределение интенсивности напряжений с указанием линий оценки напряжений.

Заключение и выводы.

В результате работы был проведен анализ статической прочности на условия действия ветровой нагрузки методом конечных элементов адсорбирующей колонны и была построена конечно-элементная модель и проведен расчет статической прочности. Проведенный расчет показал, что максимальные значения интенсивности напряжений, удовлетворяют установленным критериям прочности.

Литература:

1. Международный стандарт ASME Sec. VIII, Div.2, 2010 «Правила проектирования сосудов высокого давления». – 998 с.
2. Международный стандарт ASME BPVC Sec. II, PartD. «Характеристики материалов (метрическая система мер)». – 912 с.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Быков Ю. М.

Статья отправлена: 03.12.2015 г.

© Победоносцева М.В., Таволгин А.Ю.