

*Валимхаметов А.В.,
студент магистратуры
3 курс, механический факультет
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет»
Россия, г. Уфа*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕПОДВИЖНЫХ
ТРУБОПРОВОДНЫХ ОПОРНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

***Аннотация:** В данной статье рассматривается вопрос об оценке напряженно-деформированного состояния опоры с применением метода конечных элементов.*

***Ключевые слова:** опора, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов.*

***Annotation:** In this article, we consider spring support stress-strain state assessment, using the finite element method.*

***Key words:** support, stress-strain state, the finite element method.*

Одним из аспектов общей проблемы по совершенствованию конструкций технологических трубопроводных систем является правильное определение нагрузок.

Проблема объективной оценки работоспособности выполненных и установленных трубопроводных систем технологического использования, а также решение инженерных вопросов по обеспечению надежности и безопасности данных систем на этапах их эскизного и конструктивного проектирования в сложившихся на данный момент условиях, приобретает

актуальность [2].

Схема анализируемого участка трубопровода (в графических обозначениях программы «СТАРТ») приведена на рисунке 1.

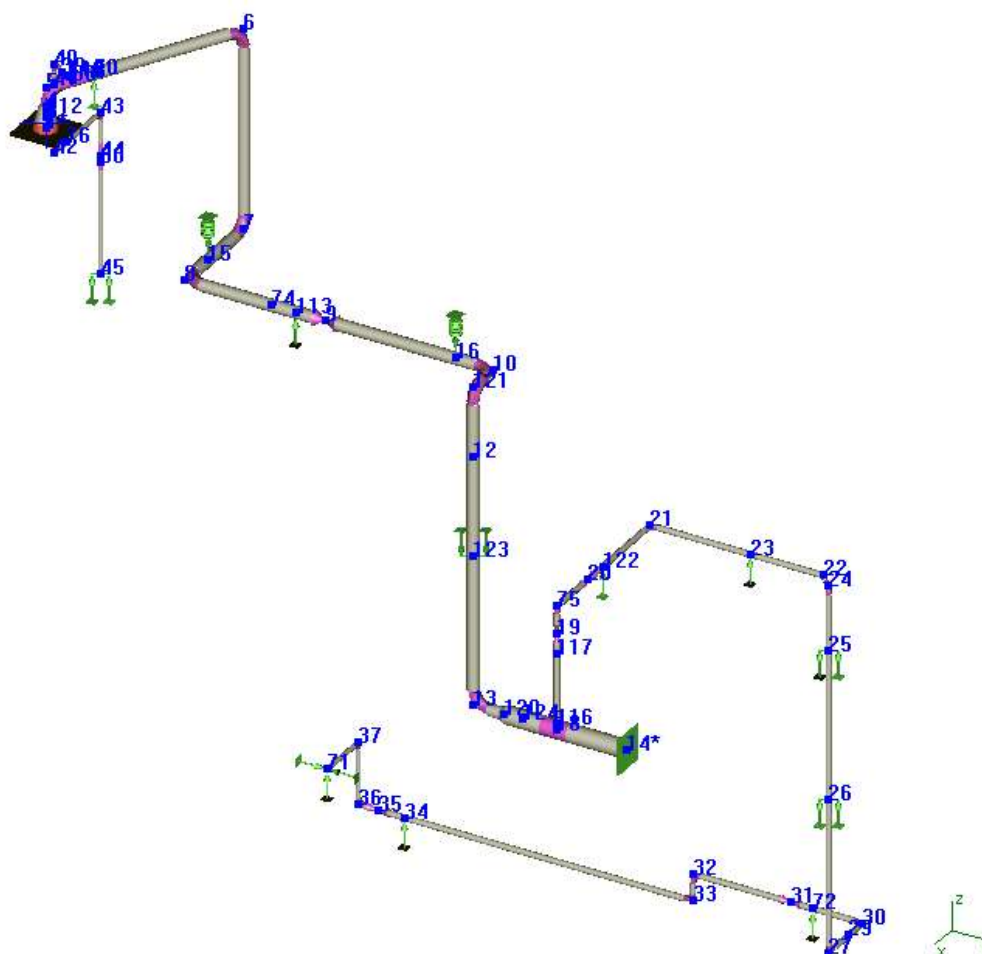


Рисунок 1 – Схема трубопровода

Неподвижные опорные конструкции способны фиксировать трубопровод без предания ему каких-либо степеней свободы, при этом подвижные опорные конструкции, в частности скользящие, способны предотвращать перемещения трубопровода, обусловленные тепловыми воздействиями.

Приварные неподвижные трубопроводные опорные конструкции применяются, как правило, для трубопроводов, выполненных из стали, при этом неразъемное соединение обеспечивается за счет сварки. Подобные конструкции эффективны в производстве, характеризуются экономичностью в сравнении с хомутовыми опорные конструкции (рисунок 2, а). Щитовые опорные конструкции служат для предотвращения смещения участков

трубопроводов, проходящих в вертикальном положении, и представляют собой сваренные в трубопроводную систему лапы, опирающиеся, в свою очередь, на плиты строительных элементов либо балки (рисунок 2, б) [1-5].



Рисунок 2 – Опоры: а) корпусные приварные опоры; б) опоры щитовые

Трехмерные твердотельные модели в Компас 3D, рассматриваемых опор представлены на рисунке 3 [12].

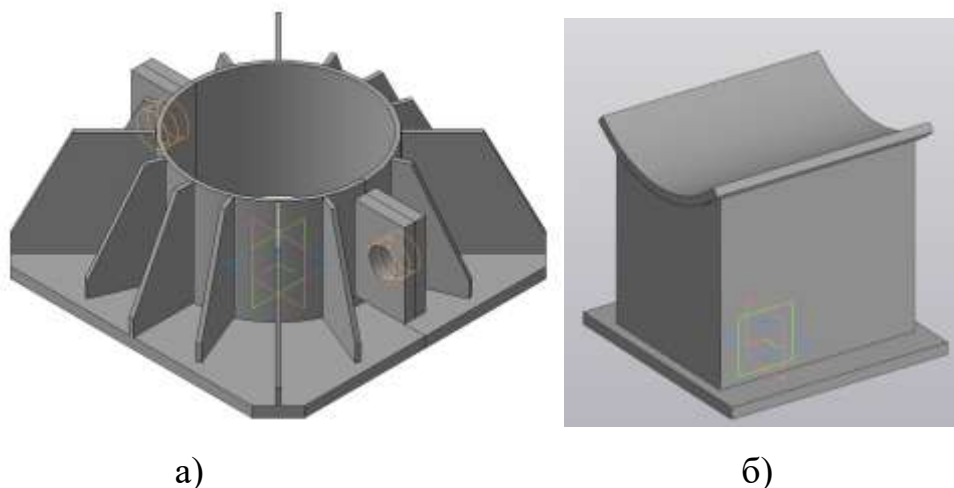
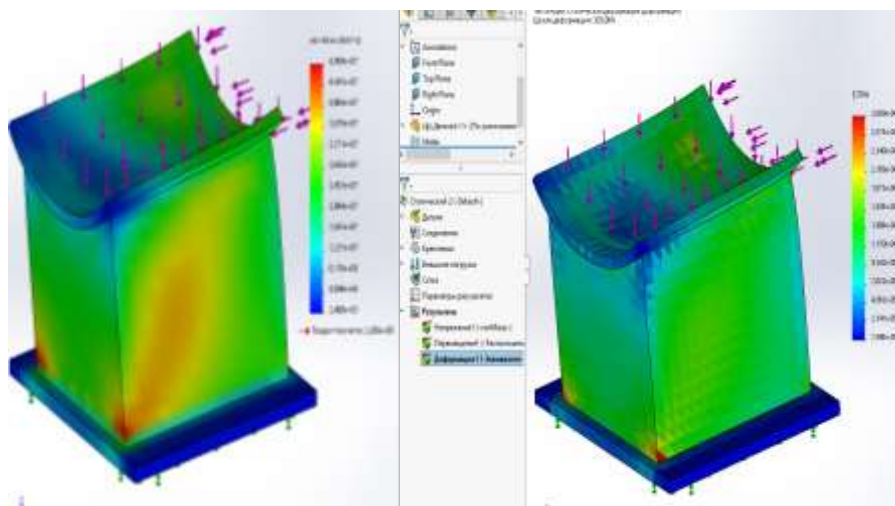


Рисунок 3 - Трехмерные твердотельные модели в Компас 3D: а) щитовая опора; б) корпусная приварная опора по ОСТ34-10-616-93 (Б13)

Моделирование опор проведено в САПР-программе SolidWorks.

Проведено расчетное моделирование корпусной опоры на действие нагрузок от силы тяжести, а также анализ прочностных характеристик от совместного действия силы тяжести и допустимой осевой нагрузки [6].

На рисунке 4 представлены результаты моделирования прочностного поведения корпусной приварной опоры по ОСТ34-10-616-93 (Б13), выполненные в SolidWorks.



а)

б)

Рисунок 4 – Результаты моделирования прочностного поведения корпусной приварной опоры по ОСТ34-10-616-93 (Б13), выполненные в SolidWorks: а) эпюра напряжений со шкалой для неподвижной щитовой опоры, б) эпюра деформации

Как видно, деформация происходит по углам опоры и середина вминается вовнутрь, можно сделать заключение о том, что нижние сварочные швы по углам с противоположной от осевого усилия стороны воспринимают большую нагрузку.

Аналогичным образом проведен прочностной анализ щитовой опоры на нагрузку в 50 кН, действующую по внутреннему кольцу верхней части опоры.

Результаты моделирования прочностного поведения щитовой опоры, выполненные в SolidWorks, приведены на рисунке 5 [9-13].

Таким образом, можно сделать заключение о том, что верхние сварочные швы по углам должны проходить контроль качества, как самые ответственные в конструкции, и нижние сварочные швы по углам с противоположной от осевого усилия стороны воспринимают большую нагрузку.

Рассмотрим в сравнении результаты воздействия нагрузок, полученных расчетным путем. Вертикальные нагрузки составляют 13820 Н, горизонтальные 4146 Н.

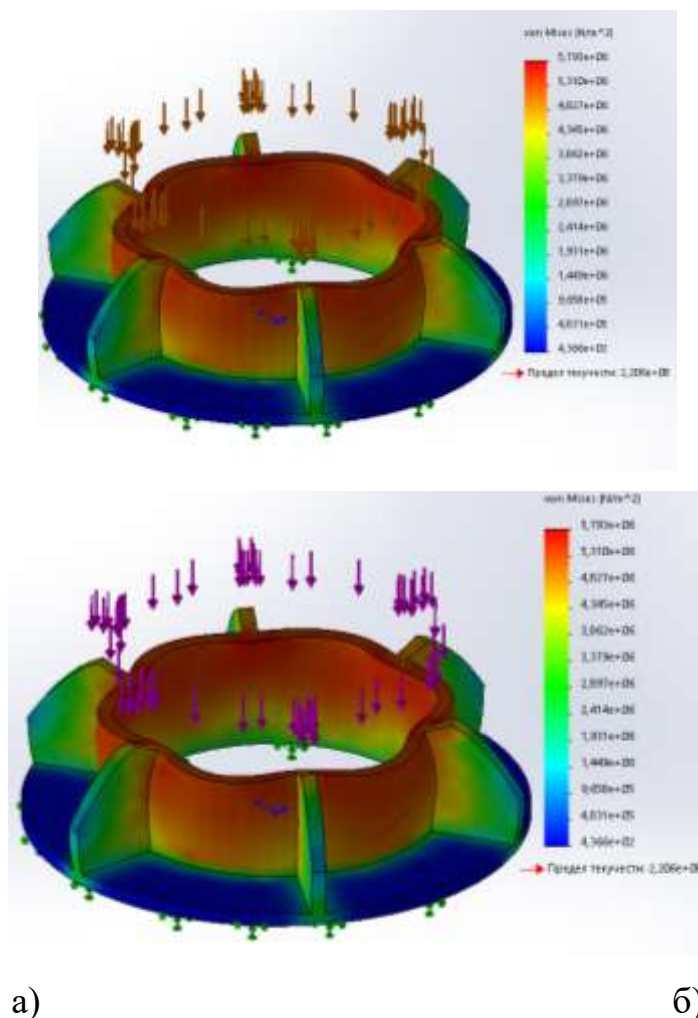


Рисунок 5 - Результаты моделирования прочностного поведения щитовой опоры, выполненные в SolidWorks: а) эпюра напряжений: б) эпюра деформаций

Приведем сравнительный анализ результатов воздействия нагрузок на опоры согласно полученным результатам (таблица 1, рисунок 6).

Таблица 1 - Сравнительный анализ результатов воздействия нагрузок на опоры

Приложенные на опору нагрузки, Н			Напряжения, МПа	
Нагрузки	Вертикальные	Горизонтальные	Опора щитовая	Опора типа Б13
Расчетные	13820	4146	17,1	55,14
Увеличенные	37000	12333	46,4	163,2
Максимальные	37000	37000	108,2	378,7

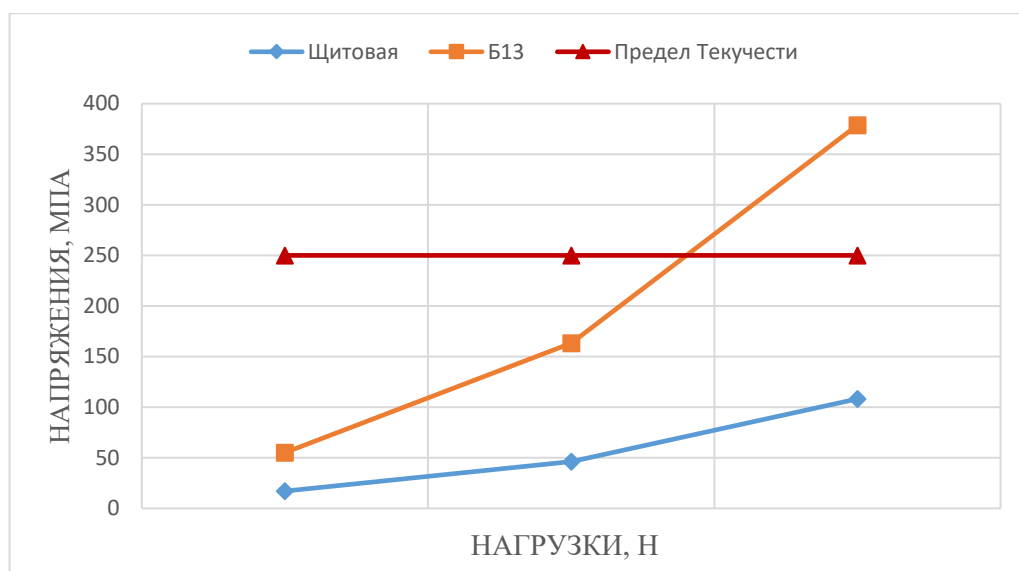


Рисунок 6 – Сравнительный анализ результатов воздействия нагрузок на опоры

Сравнительный анализ показал, что для рассматриваемого участка трубопровода (рисунок 1), с точки зрения обеспечения прочности, наиболее приемлема щитовая опора.

Таким образом, на основе сравнения 2 моделей опор, в статье предложен подход к разработке методики подбора опор с помощью цифровых двойников.

Использованные источники:

1. Опоры трубопроводов Невский завод ТРУБОДЕТАЛЬ. Общие сведения url: https://truba-detal.ru/products/opory_obshchie_svedeniya/ (дата обращения 01.06.2019).

2. Зачем нужны неподвижные опоры для трубопроводов URL: <http://www.szzmk.ru/produkts/opory-truboprovodov/zachem-nuzhny-nepodvizhnye-opory-dlya-truboprovodov.php> (дата обращения 01.06.2019).

3. Серия 4.903-10 Изделия и детали трубопроводов для тепловых сетей. Опоры трубопроводов неподвижные URL: http://oporamet.ru/images/uploads/docs/4.903-10_Vypusk_4.pdf (дата обращения 01.06.2019).

4. СНиП 2.09.03-85 Проектирование отдельно стоящих опор и эстакад под технологические трубопроводы. - Введ. 1986-01-01. - М: Изд-во

официальное, 1985. - 65 с.

5. Вихман, Л.Г. Расчет и конструирование аппаратуры нефтеперерабатывающих заводов/ И.Ф. Бабицкий, Г.Л. Вихман, С.И. Вольфсон. - СПб.: Недра, 1965. - 905 с.

6. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. - Введ. 1986-01-01. - М.: Изд-во официальное, 1985. - 55 с

7. ГОСТ 14911-82. Опоры Подвижные. – М.: Издательство стандартов, 1982.- 18 с.

8. ОСТ 36-146-88. Опоры стальных технологических трубопроводов на Ру до 10 МПа. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 78 с.

9. Шайхлисламова, А.Р. Расчет напряженно-деформированного состояния опоры с применением метода конечных элементов / А.Р. Шайхлисламова // Научно-практический электронный журнал «Аллея Науки». №10 ноябрь, 2018, С. 173 - 177.

10. Шайхлисламова, А.Р. Расчет напряженно-деформированного состояния опоры с учетом параметров вибрации / А.Р. Шайхлисламова // Научно-практический электронный журнал «Аллея Науки». №10 ноябрь, 2018, С. 173 - 177.

11. Алямовский, А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи (+ DVD-ROM) / А. Алямовский. - М.: БХВ-Петербург, 2012. - 448 с.

12. Большаков, В. 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex / В. Большаков, А. Бочков, А. Сергеев. - М.: Книга по Требованию, 2010. - 336 с.

13. Дударева, Н.Ю. SolidWorks 2011 на примерах (+ CD-ROM) / Дударева Н.Ю. - М.: БХВ-Петербург, 2014. - 705 с.