



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Рубин Мустафин  
ООО Plast Grupp+  
Санкт-Петербург  
Россия

30.10.2012 по 17-6/ЕМК/12/25

Заказ - проверка прочности корпуса  
насосной станции

Уважаемый г-н Мустафин,

В ответ на ваш заказ 26.10.2112 прилагаю расчет проверки прочности корпуса насосной станции.

С уважением

Александр Клаусон  
директор института механики

Приложение: расчеты проверки прочности корпуса насосной станции  
(на восьми страницах в одном экземпляре)

## 1. Исходные данные и основные допущения

Цель работы - проверка прочности стенок насосной станции. Корпус станции моделируется как упругая ортотропная цилиндрическая оболочка, у которой могут возникать геометрические нелинейности при больших прогибах.

Для выяснения механических свойств стеклопластика образцы были предварительно испытаны в лаборатории прочности ТТУ. В результате испытаний были определены следующие механические свойства:

### В радиальном направлении

модуль упругости  $E_1=40,0\text{GPa}$ ,

предел прочности при изгибе  $\sigma_0=1150\text{MPa}$ .

### В осевом направлении

модуль упругости  $E_2=16,0\text{GPa}$ ,

предел прочности при изгибе  $\sigma_0=188\text{MPa}$ .

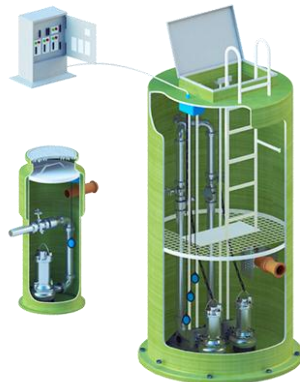
Значение коэффициента Пуассона в плоскости оболочки принято  $\nu=0,16$ .

Плотность стеклопластика  $\rho=1800\text{kg/m}^3$

Расчеты произведены для двух типов конструкций насосной станции:

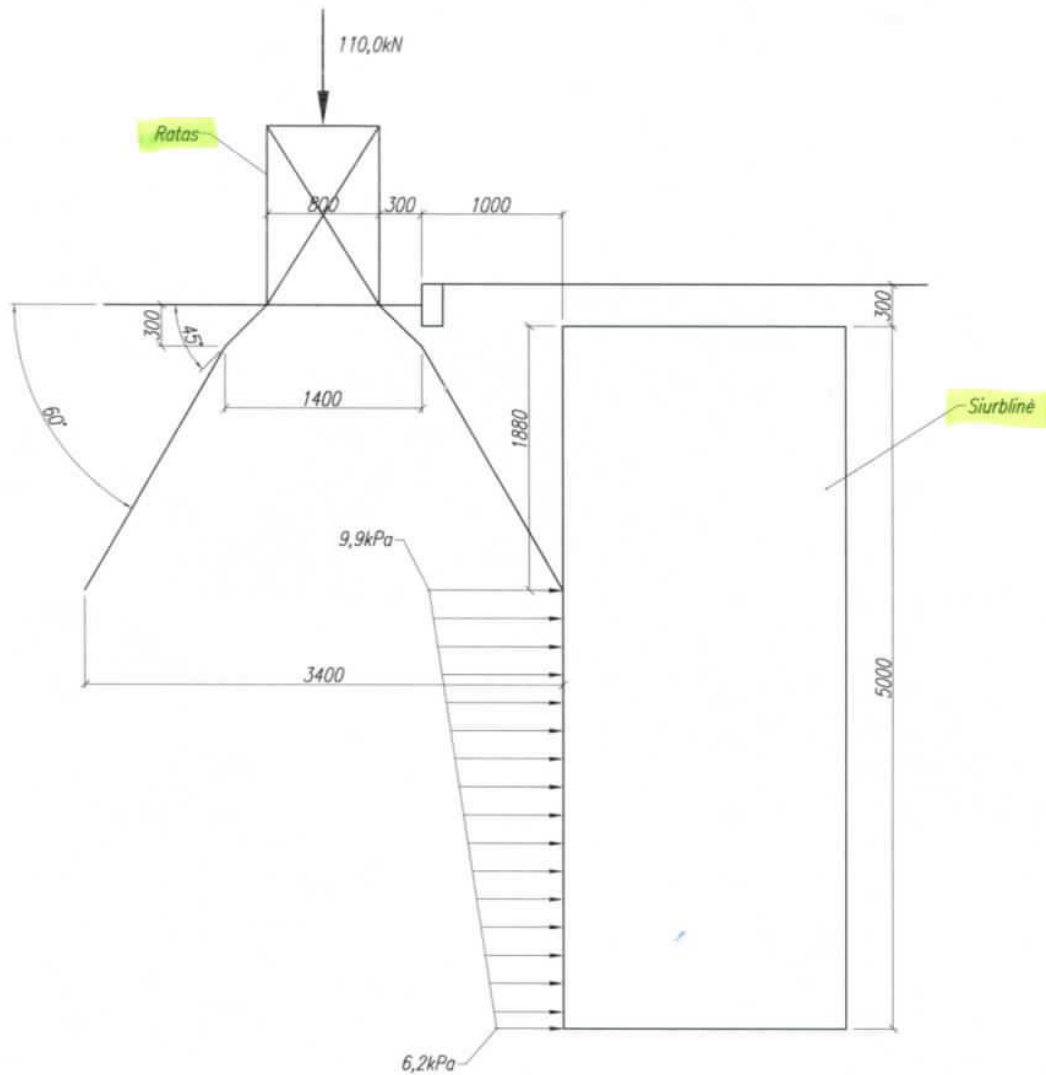
1. Диаметр  $D=2400\text{mm}$ , толщина стенки  $t=11\text{mm}$  ;
2. Диаметр  $D=2000\text{mm}$ , толщина стенки  $t=9\text{mm}$  ;

Окружающий насосную станцию грунт (песок) моделировался как упругое основание с жесткостью  $15\,000\text{ kN/m}^3$



## 2. Нагрузки

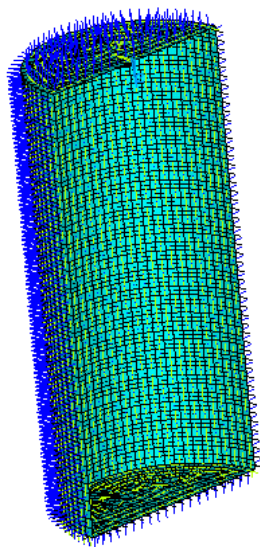
Насосная станция находится под землей и окружена слоем песка. Нагрузки на станцию - давление грунта вызванное колесом автомобиля - представлены со стороны заказчика (фиг.1).



Фиг.1. Нагрузки на станцию.

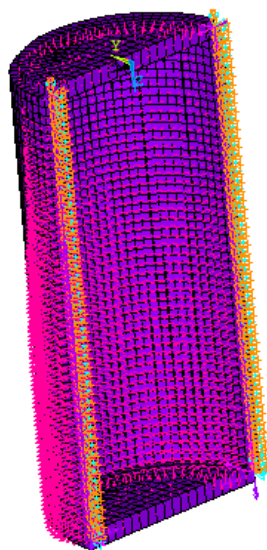
## Конечноэлементная модель насосной станции

Стены насосной станции моделируются элементами оболочки с четырьмя узлами. У каждого элемента два слоя материала с ориентацией 0 и 90 градусов для моделирования ортотропии. Поскольку нагрузка имеет плоскость симметрии, то достаточно рассчитать половину конструкции. По высоте цилиндрической оболочки взято 50 элементов и по половине окружности 36 элементов.

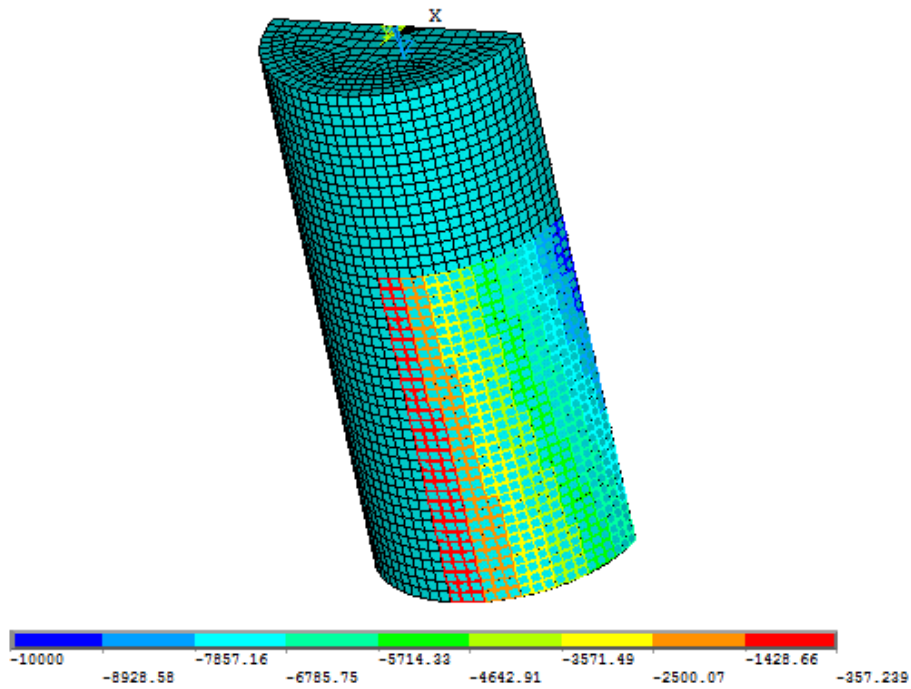


Фиг. 2. Конечноэлементная модель станции и направления нормалей.

Грунт моделируется поверхностными элементами, имеющими свойства упругого основания (фиг.3). Толщина поверхностных элементов 0.2м. Распределение давления на поверхности насосной станции представлено на фигуре 4.



Фиг. 3. Конечноэлементная модель грунта.

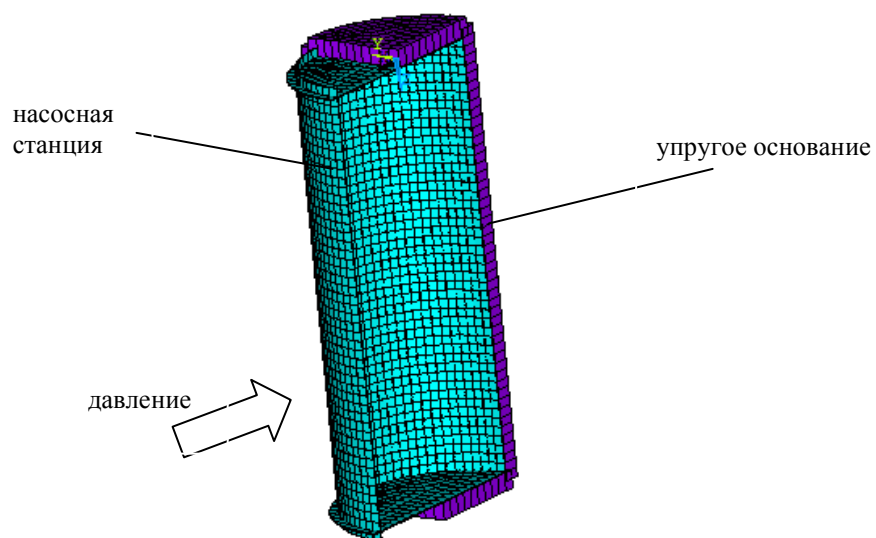


Фиг. 4. Распределение давления на поверхности насосной станции, Pa.

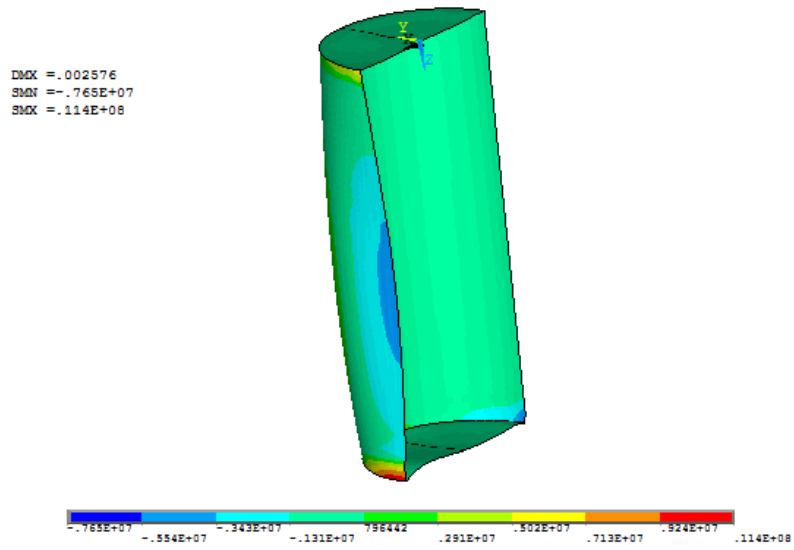
## Результаты

### 4.1 Первый тип конструкции.

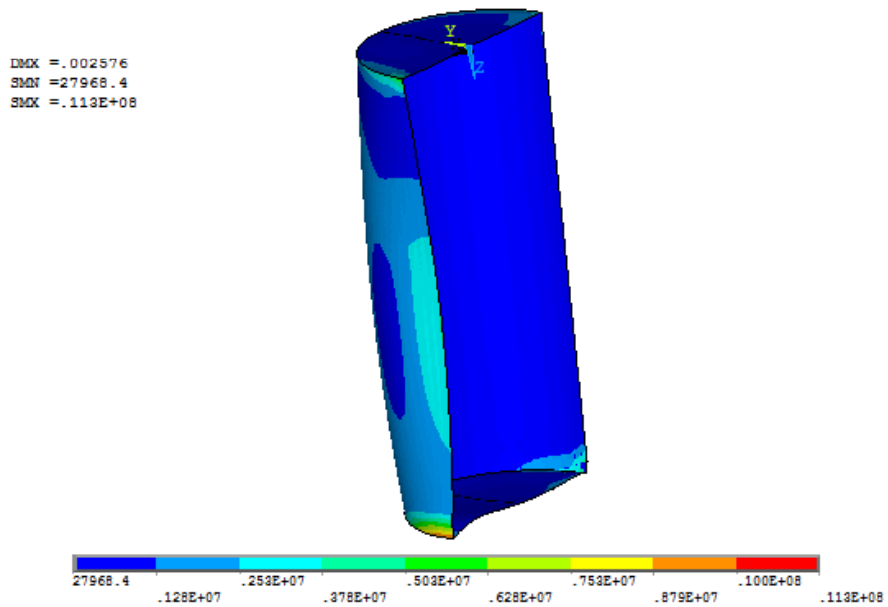
Насосная станция диаметром  $D=2400$  mm и толщиной стенки  $t=11$ mm нагружена давлением (схема нагрузки представлена на фигурах 1 и 14).



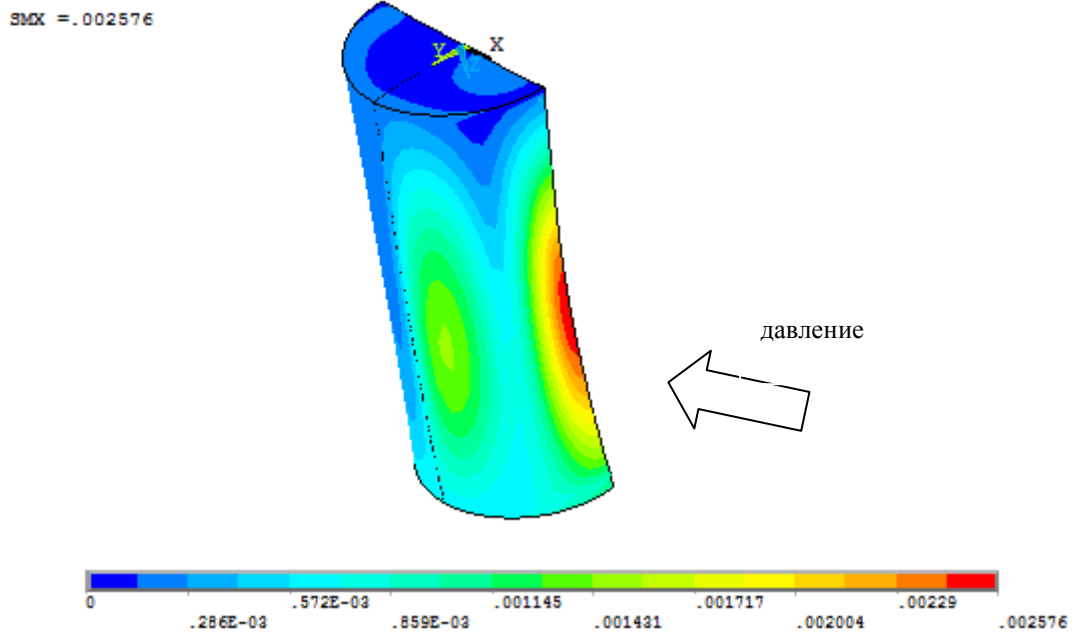
Фиг. 5. Конечные элементы насосной станции (синий) и упругого основания (фиолетовый).



Фиг. 6. Изгибные напряжения в осевом направлении  $\sigma_z$ , Ра.  
Наибольшие напряжения 11 МПа в углах конструкции.



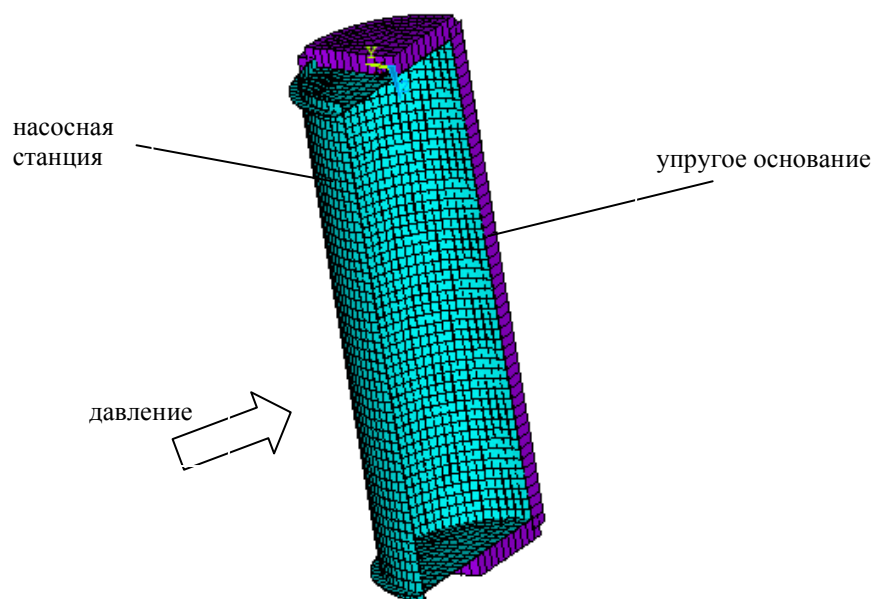
Фиг. 7. Эквивалентные напряжения, Ра.



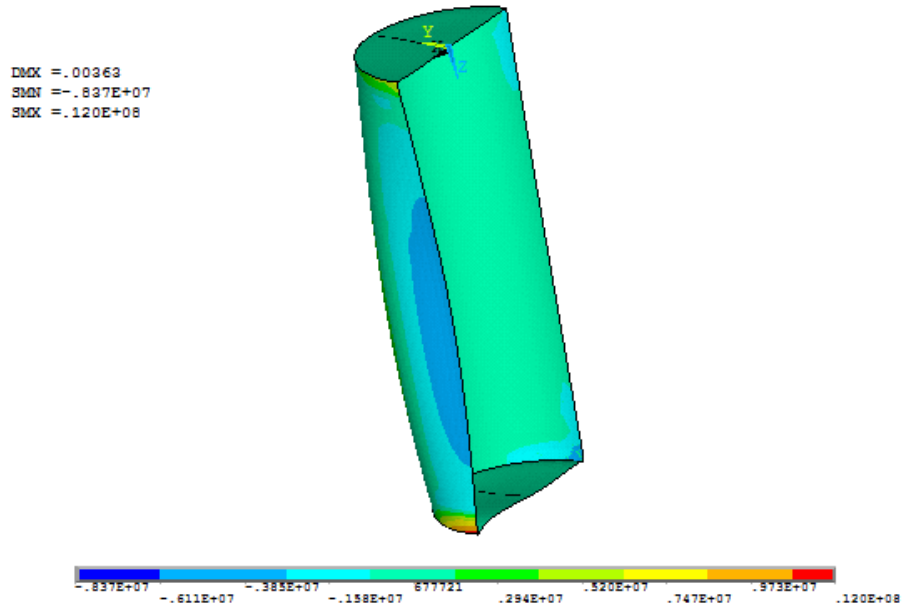
Фиг. 8. Прогибы конструкции, mm. Наибольший прогиб 2,6 mm.

## 2.2 Второй тип конструкции.

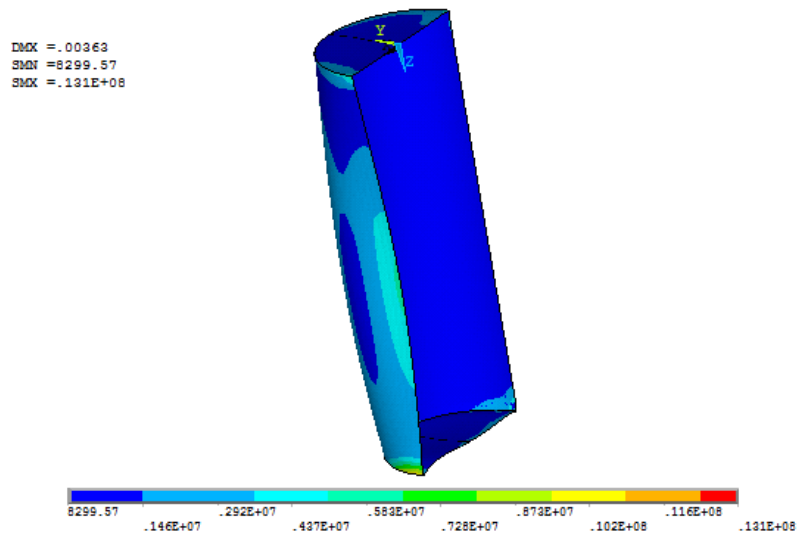
Насосная станция диаметром  $D=2000$  mm и толщиной стенки  $t=9$ mm нагружена давлением (схема нагрузки представлена на фигурах 1 и 14).



Фиг. 9. Конечные элементы насосной станции (синий) и упругого основания (фиолетовый).

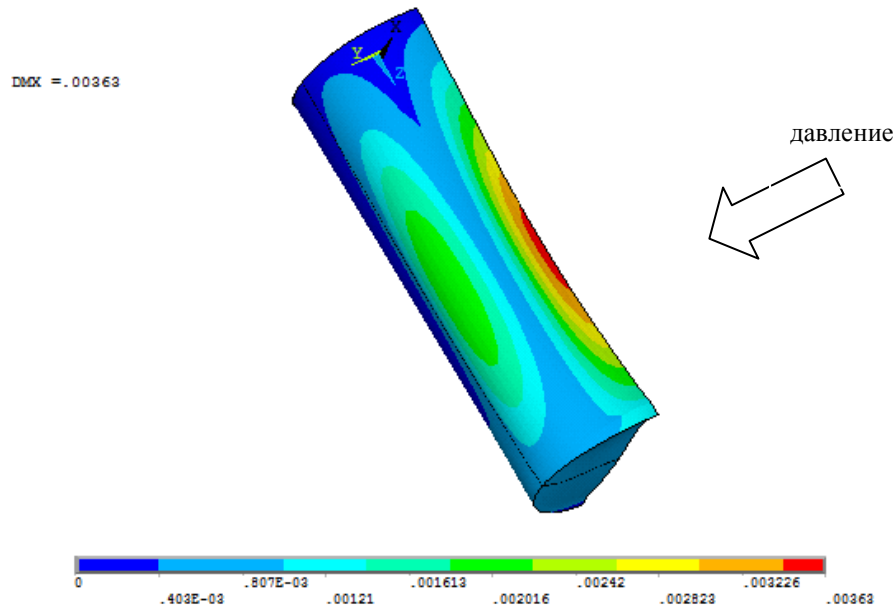


Фиг. 10. Изгибные напряжения в осевом направлении  $\sigma_z$ , Па.  
Наибольшие напряжения 12 МПа в углах конструкции.



Фиг. 11. Эквивалентные напряжения, Па.





Фиг. 12. Прогибы конструкции, mm. Наибольший прогиб 3,6 mm.

### 3. Выводы.

Расчеты показали, что под действием давления грунта, вызванного автомобильным колесом, в стенках насосной станции возникают следующие напряжения:

1. наибольшие изгибные напряжения величиной порядка 10-12 МПа возникают в углах конструкции;
2. изгибные напряжения в месте наибольшего прогиба (примерно посередине конструкции) имеют величину порядка 6 МПа;
3. наибольший прогиб конструкции не превышает 3 mm.

Учитывая, что изгибная прочность материала  $\sigma_0=188$  МПа, у рассчитанных конструкций насосных станций при заданной нагрузке по крайней мере 15 - кратный запас прочности.