

УДК 002.55

Ахметшин Р.М.

студент магистратуры 2 курса,

кафедра «Трубопроводный транспорт»

Самарский государственный технический университет

Россия, г. Самара

Научный руководитель: Гореликов В.Я.

кандидат технических наук, доцент

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПОНТОНА ИЗ
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Аннотация: В статье приводятся основные сведения выбора оптимальной конструкции понтона из полимерных композитных материалов. Для анализа выбран вертикальный резервуар с вместительностью 5000 м³ и 10000 м³. Рассмотрены вопросы расчета прочности, плавучести и устойчивости понтонов. Большое внимание уделено определению напряженно-деформационного состояния пенополиуретанового понтона.

Ключевые слова: понтон, резервуар, пенополиуретан, напряженно-деформационное состояние, прочность, плавучесть, устойчивость.

Akhmetshin R.M.

2-year student of master's programme,

Dept. Pipeline Transport

Samara State Technical University

Russia, Samara

Academic adviser: Gorelikov V.Y.

Candidate of technical sciences, associate professor

**CHOICE OF THE OPTIMUM STRUCTURE OF POONTON FROM
POLYMER COMPOSITE MATERIALS**

Annotation: The article provides basic information on the choice of the optimal structural system of a pontoon made from polymer composite materials.

A vertical tank with a capacity of 5000 m³ and 10,000 m³ was chosen for the analysis. The problems of calculation of strength, buoyancy and stability of pontoons are considered. Much attention is paid to the determination of the stress-strain state of a polyurethane foam pontoon.

Key words: pontoon, tank, polyurethane foam, stress-strain state, strength, buoyancy, stability.

У пенополиуретановой плавающей крыши, которая находится на опорном устройстве в виде многолучевой звезды, найдем напряженно-деформированное состояние. Нужно разработать такой понтон, конструкция которого позволяла бы уменьшить расход пенополиуретана, и, в тоже время эта конструкция должна соблюдать условия жесткости и прочности. Примем расчетную схему, при которой дуговой край считается свободным [1].

Итоги изучения представляют собой значения характеристик напряженно-деформированного состояния понтона в установленных точках изучаемой области: величина тангенциального и радиального момента, напряжения и прогиба. На исследуемом секторе эти точки находятся на нескольких радиальных лучах, которые по отношению к опорному лучу расположены под углом θ . На любом из этих радиальных лучей определяются искомые характеристики в зависимости от центра понтона до расстояния исследуемой точки X [2].

В таблице 1 приведены найденные основные характеристики напряженно-деформированного состояния понтона из ППУ на опорном устройстве в виде многолучевой звезды для РВС-5000 (диаметр 20,9 м) и РВС-10000 (диаметр 28,5 м).

Таблица 1 - Наибольшие характеристики напряженно-деформированного состояния пенополиуретанового понтона для РВС-5000 (диаметр 20,9 м), РВС-10000 (диаметр 28,5 м)

Показатели	РВС-5000		РВС-10000	
	36	80	36	80
Плотность, кг/м ³	36	80	36	80
Наибольшие тангенциальные напряжения, МПа	0,16	0,225	0,095	0,132
Наибольшие радиальные напряжения, МПа	0,276	0,388	0,099	0,138
Наибольшие прогибы, м	0,0227	0,0288	0,0062	0,0077
Наибольшие тангенциальные моменты, Н·м	267	375	157	219
Наибольшие радиальные моменты, Н·м	463	653	165	230

Из приведенной таблицы 1 можно увидеть, что при минимальной кажущейся плотности пенополиуретана (36 кг/м³) в понтоне возникают минимальные прогибы, тангенциальные и радиальные напряжения, и моменты.

Понтон должен выполнять следующие требования прочности и жесткости [3].

$$\sigma \leq [\sigma], \quad (1)$$

где σ - наибольшее напряжение в понтоне из ППУ,

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение в понтоне из ППУ, армированном стеклосеткой.

Наибольший прогиб понтона:

$$y \leq 0,2 h, \quad (2)$$

где h - толщина понтона.

Для РВС-10000 понтоны из пенополиуретана выполняют требования прочности, и прогибы меньше разрешенных. При расчете, применительно к

понтонам РВС-5000, напряженно-деформированного состояния величина угла между лучами опор принималась равной 30 градусам (что в два раза больше действительной величины и соответствующего значения для РВС-10000), что привела к невыполнению условия (2).

Разберем понтон радиусом 11,25 м. При этом воспользуемся методикой определения жесткости, которую предложил Губер для определения напряженно-деформированного состояния понтонa, установленного на опорные стойки в виде многолучевой звезды. Полученные результаты представлены в таблице 2. При расчете использовали следующие величины: модуль упругости для стеклосетки - $9 \cdot 10^3$ МПа, толщина волокна 0,003 м, масса 1 м^2 – 0,3 кг, количество волокон – 45 штук на 1м,; модуль упругости для ППУ - 5 МПа, угол между лучами опор - 15 градусов, коэффициент поперечных деформаций в направлении, перпендикулярном вспениванию - 0,3 [4].

Таблица 2 - Наибольшие характеристики напряженно-деформированного состояния пенополиуретанового понтонa для РВС-5000 (диаметр 22,8 м)

Показатели	РВС-5000	
	Плотность, кг/ м ³	36
Максимальные тангенциальные напряжения, МПа	0,035	0,04
Максимальные радиальные напряжения, МПа	0,052	0,059
Максимальные прогибы, м	0,0009	0,0009

В этом случае условия прочности и жесткости выполняются.

Изучим вероятность снижения толщины пенополиуретанового понтонa плотностью 36 кг/м³ для РВС-10000 (диаметр 28,5 м). В итоге исследований оказалось, что для понтонa толщиной 0,05 м удовлетворяет требования прочности (таблица 3). Для того чтобы прогиб не был больше допустимого в модели, толщину волокна стеклосетки нужно усилить в два раза. Масса понтонa составит 1867 кг.

Таблица 3 - Наибольшие характеристики напряженно-деформированного состояния пенополиуретанового понтона для РВС-10000 (диаметр 28,5 м)

Показатели	РВС-10000	
	Жесткость, Н·м	3264,2
Максимальные тангенциальные напряжения, МПа	0,27	0,29
Максимальные радиальные напряжения, МПа	0,27	0,29
Максимальные прогибы, м	0,03	0,01

По результатам расчета плавучести и остойчивости видно, что величина угла заливания понтона - мала. Высота борта понтона - 0,09м, На рисунке 1 приведен вид пенополиуретанового понтона в разрезе.

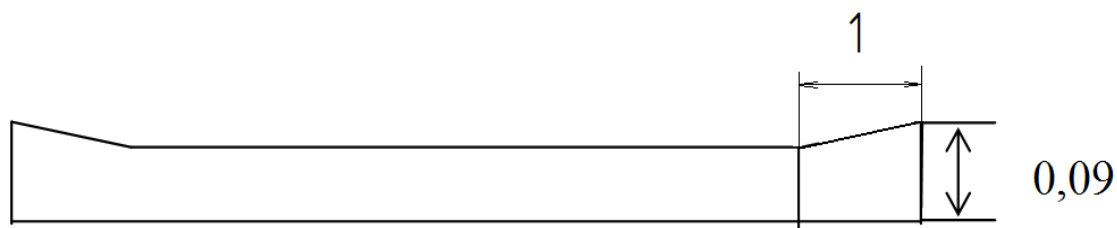


Рисунок 1 - Вид пенополиуретанового понтона в разрезе

Если толщина плавающей крыши увеличена только на расстоянии меньше 1м от края, то ее масса повысится на 62 кг. По результатам расчетов видно, что предложенный понтон выполняет требования непотопляемости, плавучести и остойчивости, а также обеспечивает выполнение требований прочности при нагрузках от уплотняющего затвора.

Так как толщина плавающего покрытия равна 0,05 м, то расход пенополиуретана уменьшится по сравнению с расходом при существующем толщине понтона (0,1 м) на величину, которая определяется по формуле

$$V=0,05 \cdot \pi R^2,$$

где R – радиус понтона.

Расход сетки увеличится на следующую величину:

$$S=2\cdot\pi R^2.$$

Радиус понтона РВС-10000 равна 14,05 м, себестоимость 1 м³ ППУ – 2000 рублей, а 1 м² стеклосетки стоит восемь рублей, получим уменьшение себестоимости плавающей крыши, разность стоимости м³ пенополиуретана и стеклосетки равна 52464,72 руб.

В таблице 4 приведены сравнение НДС понтона при различных вариантах граничных условий.

Табл. 7.6 - Сравнение НДС понтона при различных вариантах граничных условий

Показатели	РВС-5000		РВС-10000	
	свободный край	свободное опирание	свободный край	свободное опирание
Наибольшие тангенциальные напряжения, МПа:	0,0350	0,0510	0,0950	0,0600
Наибольшие радиальные напряжения, МПа:	0,0520	0,0275	0,0990	0,0325
Максимальные прогибы, м	0,0009	0,0002	0,0062	0,0050

Из таблицы следует заметить, что в случае свободного опирания дугового края тангенциальные и радиальные напряжения, и прогибы, возникающие в плавающей крыше, меньше по величине, поэтому можно рекомендовать для сокращения используемого ППУ создать внутри резервуара по периметру опору, на которую будет опираться дуговой край.

Вывод: для уменьшения себестоимости плавающего покрытия нужно уменьшить его толщину. А для того, чтобы возникающие напряжения были меньше допусковых, необходимо поменять конструкцию опоры так, чтобы была приемлемой схема свободного опирания по дуговому краю.

Использованные источники:

1. Р.С. Багдасаров, Ю.А. Багдасарова Учеб. пособ. Изд 2-е, испр. и доп. Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2006 г.
2. Мустафин Ф.М., Жданов Р.А., Ахметов Ф.Ш. и др. Резервуары для нефти и нефтепродуктов: том 1. Конструкции и оборудование: учебник для вузов. – Уфа, 2009 г.
3. В. В. Шалай, Ю. П. Макушев Проектирование и эксплуатация нефтебаз и АЗС: учеб. пособие / -Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 296 с.
4. К. А. Вансович, М. В. Кучеренко. Проектирование нефтехранилищ: учеб. пособие / – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 140 с.