

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРЁХСЛОЙНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С КОМПОЗИЦИОННЫМИ СЛОЯМИ ИСПОЛЬЗУЮМЫХ В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ.

З.Д.Абдуллаев

В статье анализируется исследование напряжённно-деформированного состояния трёхслойных металлических оболочек с композиционными слоями используемых в подземных сооружениях.

The article analyzes the study of the stress-strain state of three-layer metal shells with composite layers used in underground structures.

Мазкур мақолада уч қатламли ташиқи қаватлари композит қатламлардан ташиқил топган қобиқларнинг кучланганлик ва деформация ҳолатлари тахлил қилинган.

Ключевые слова: *напряженно-деформированное состояние, устойчивость, прочность, поперечные сдвиг.*

Keywords: *stress-strain state, stability, strength, transverse shear.*

Исследование напряжённно-деформированного состояния (НДС) и трёхслойных металлических оболочек с композиционными слоями используемых в подземных сооружениях является важной и сложной задачей современной механики и приобретает всё большее практическое значение.[1,2,3] Подобные комбинированные конструкции с применением композиционных материалов обладающие такими ценными свойствами, как лёгкость, высокая транспортабельность, химическая стойкость, высокая прочность, с каждым годом находят всё более широкое применение в различных отраслях промышленности.

Среди многих вопросов, связанных с расчётом и эксплуатацией слоистых конструкций с применением композиционных материалов, одним из важных является исследование условий, при которых может наступить изменения физико-механических характеристик прочности и устойчивости, долговечности и других характеристик конструкций, а так же правильный выбор материала, связующего, обеспечивающего нормальную эксплуатацию. Конструирование слоёв с различными физико-механическими свойствами позволяет обеспечивать надежную работу в неблагоприятных производственных условиях. Применение слоистых комбинированных конструкций существенно сокращает расход материалов, повышает надежность и долговечность конструкций и обладают различными положительными свойствами. Несущие слои этих конструкций

предназначены для восприятия основной части действующей нагрузки. Армирующие слои одновременно повышают несущую способность, долговечность, отпадает необходимость дополнительной защиты и других нежелательных воздействий.

В работе рассматривается комбинированная оболочка, слои которой связанных между собой податливым тонким клеевыми швами $\delta_{ш1}$, $\delta_{ш2}$ находящиеся под действием внешних нагрузок. Напряженно-деформированное состояние комбинированных оболочек определяются при следующих допущениях:

- 1) толщины ортотропных слоёв постоянные и оболочка испытывает только упругие деформации;
- 2) толщина несущего слоя значительно больше армирующего ($h > \delta$);
- 3) касательные напряжения $\tau_{\alpha\gamma}^{(i)}$, $\tau_{\beta\gamma}^{(i)}$, ($i=1,2,3$) – или соответствующие им деформации $e_{\alpha\gamma}^{(i)}$, $e_{\beta\gamma}^{(i)}$ по толщине оболочки меняются по заданному закону [1];
- 4) нормальное к срединной поверхности оболочки перемещение не зависит от координаты γ ;
- 5) давление между слоями отсутствует ($\sigma_\gamma=0$).

Считается также, что между двумя несущими и армирующими слоями находится тонкий склеивающий слой, который работает только на сдвиг в вертикальной плоскости. Склеивающий слой не воспринимает ни растягивающих, ни изгибных напряжений. Касательные напряжения действующие в этом слое, передаются на несущий и армирующий слои. Закон распределения этих напряжений в слоях может быть принят линейным, так чтобы удовлетворялись граничные условия для касательных напряжений на верхней и нижней поверхностях.

Для получения основных уравнений деформирования трёхслойной оболочки, с учетом поперечного сдвига и податливости клеевого шва использован вариационный принцип Лагранжа который служит основой для различных приближенных методов в том числе для решения комбинированных ортотропных оболочек с межслоевыми сдвигами. При определении НДС оболочек варьировались модули сдвига и толщина склеивающего шва и исследовано влияние изменения толщин несущих слоёв.

Результаты расчета приведены в виде графиков (рис.2) изменения напряжений в слоях ($\sigma_\alpha^{(1)}, \sigma_\beta^{(1)}, \sigma_\alpha^{(2)}, \sigma_\beta^{(2)}, \sigma_\alpha^{(3)}, \sigma_\beta^{(3)}$) и шве ($\tau^{(i)}$), а также функций сдвига Φ_1 и прогибов W .

Из полученных зависимостей видно, что чем меньше величина модуля сдвига шва по сравнению со слоем ($G_{шik} < G_i^{(1)}$, $G_{шik} < G_i^{(2)}$, $G_{шik} < G_i^{(3)}$), тем

влияние податливости шва на НДС трёхслойных оболочек сказывается больше. Увеличение модуля сдвига шва 10 раз (от 50 до 500 МПа) изменяет напряжение в металле на 5,4%, а в армирующем слоя на 8,7%.

При более высоком модуле сдвига шва ($G_{шik} = 5 \cdot 10^2$ МПа), увеличение модуля сдвига шва в 10 раз до $5 \cdot 10^3$ МПа изменяет напряжение $\sigma_{\beta}^{(2,3)}$ лишь на 0,09%.

Из полученных зависимостей видно, что чем меньше величина модуля сдвига шва по сравнению со слоем ($G_{шik} < G_i^{(1)}$, $G_{шik} < G_i^{(2)}$, $G_{шik} < G_i^{(3)}$), тем влияние податливости шва на НДС трёхслойных оболочек сказывается больше. Увеличение модуля сдвига шва 10 раз (от 50 до 500 МПа) изменяет напряжение в металле на 5,4%, а в армирующем слоя на 8,7%.

При более высоком модуле сдвига шва ($G_{шik} = 5 \cdot 10^2$ МПа), увеличение модуля сдвига шва в 10 раз до $5 \cdot 10^3$ МПа изменяет напряжение $\sigma_{\beta}^{(2,3)}$ лишь на 0,11%. Таким образом, можно отметить, что модуль сдвига шва значительно меньше влияет на НДС трёхслойных металлических оболочек с армирующим слоем при значениях модулей сдвига шва и слоёв близких по величине.

Литература

1. Воблых В. А., Дусматов А. Д., Пустынников В. И. «Межслоевые сдвиги двухслойных комбинированных плит на основе металла и стеклопластика». Динамика и прочность машин. Харьков, изд-во ХГУ, Висща школа 1982г., вып. 36 с.15-19.
2. Дусматов А. Д., Каримов Е. Х. Прочность трехслойных высокоэффективных комбинированных оболочек с учетом усадки неметаллического слоя. 2012 г №3 (с. 49-51)
3. Каримов Е. Х., Дусматов А. Д. Исследование физико-механических свойств трехслойных цилиндрических оболочек с композиционными слоями. Материалы Тридцать третьей международной конференции 27-31 мая 2013г., г. Ялта Крым (с. 289-290).