

3-7-2019

INVESTIGATION OF STRENGTH AND STABILITY OF THREE-LAYER COMBINED PLATES USED IN UNDERGROUND STRUCTURES

A D. Dusmatov
Fergana Polytechnic Institute

A U. Ahmedov
Fergana Polytechnic Institute

Z J. Abdullaev
Fergana Polytechnic Institute

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

Recommended Citation

Dusmatov, A D.; Ahmedov, A U.; and Abdullaev, Z J. (2019) "INVESTIGATION OF STRENGTH AND STABILITY OF THREE-LAYER COMBINED PLATES USED IN UNDERGROUND STRUCTURES," *Scientific-technical journal*: Vol. 2 : Iss. 1 , Article 7.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol2/iss1/7>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

BUILDING

INVESTIGATION OF STRENGTH AND STABILITY OF THREE-LAYER COMBINED PLATES USED IN UNDERGROUND STRUCTURES

A.D. Dusmatov, A.U. Ahmedov, Z.J. Abdullaev

Fergana Polytechnic Institute

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ТРЁХСЛОЙНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ПЛИТ ИСПОЛЬЗУЮМЫХ В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ.

А.Д. Дусматов, А.У. Ахмедов, З.Ж. Абдуллаев

Ферганский политехнический институт

ЕР ОСТИ ИНШОТЛАРИДА ИШЛАТИЛАДИГАН УЧ ҚАТЛАМЛИ ҚОБИҚЛАРНИНГ МУСТАҲКАМЛИГИ ВА УСТИВОРЛИГИНИ ТЕКШИРИШ

А.Д. Дусматов, А.У. Ахмедов, З.Ж. Абдуллаев

Фарғона политехника институти

Abstract. *In this article, the results of a study of the strength of three-layer slabs are used in underground structures. The transverse shear of the layers of ductility of the adhesive seam is taken into account. At the same time, interlayer shifts and other mechanical characteristics are taken into account, which makes it possible to evaluate strength and stability with sufficiently high accuracy for engineering tasks.*

Keywords: stress-strain state, stability, strength, transverse shear, adhesive layer, displacement, shear function, tangential stress, deflection.

Аннотация. *В данной статье излагаются результаты исследования прочности трехслойных плит используемых в подземных сооружениях. Учитываются поперечные сдвиги слоев податливости клеевого шва. При этом учтены межслойные сдвиги и другие механические характеристики, что позволяет оценить прочность и устойчивость с достаточно высокой точностью для инженерных задач.*

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, устойчивость, прочность, поперечные сдвиг, клеевой слой, перемещение, функция сдвига, касательные напряжения, прогиб.

Аннотация. *Ушбу мақолада ер ости иншоотларида ишлатиладиган уч қатламли қобиқларнинг мустаҳкамлиги ва устиворлигининг елимли чоклар кўндаланг силжишлари ва мойиллигини ҳисобга олган ҳолдаги тадқиқот натижалари тақдим этилган. Бунда қатламлараро силжишлар ва бошқа механик характеристикалар шундай эътиборга олинганки, ушбу усул муҳандислик масалалари учун мустаҳкамлик ва устиворлигини инженерлик масалаларига етарлича аниқроқ баҳолаш имконини беради.*

Таянч сўзлар: кучланганлик ва деформацияланиш ҳолати, устиворлик, мустаҳкамлик, кўндаланг силжиш, елимли қатлам, кўчиш, силжиш функцияси, урунма кучланиш, эгилиш.

В работе излагаются результаты исследования прочности и устойчивости трёхслойных плит с композиционными армирующими слоями. Учтены межслойные сдвиги и другие механические характеристики, что позволяет оценить прочность и устойчивость с достаточно высокой точностью для инженерных задач.

Исследование прочности и устойчивости таких трёхслойных комбинированных конструкций является важной и сложной задачей современной механики и приобретает всё большее практическое значение. Подобные комбинированные трёхслойные конструкции с применением композиционных материалов обладающие такими ценными свойствами, как

BUILDING

лёгкость, высокая прочность и транспортабельность, химическая стойкость к агрессивным средам, с каждым годом находят всё более широкое применение в строительстве подземных сооружениях а также в различных отраслях промышленности различных отраслях промышленности.

Клеевые швы между слоями служат для обеспечения монолитности конструкций и существенно влияют на перераспределение усилий между слоями. При расчете на прочность и устойчивость комбинированных конструкций, учет влияния клеевого слоя особо важен в случаях, когда конструкция подвержена температурным воздействиям или когда имеется опасность потери прочности и устойчивости трёхслойных плит.

Конструирование слоёв с различными физико-механическими свойствами позволяет обеспечивать надёжную работу в неблагоприятных производственных условиях. Применение трёхслойных комбинированных плит с композиционными слоями существенно сокращает расход материалов, повышает надёжность и долговечность конструкций и обладают различными положительными свойствами. Несущие слои этих металлопластиковых плит предназначены для восприятия основной части действующей нагрузки. Армирующие слои одновременно повышают несущую способность, долговечность, отпадает необходимость дополнительной защиты и других нежелательных агрессивных воздействий.

Рассматриваемые комбинированные трёхслойные плиты состоят из материалов существенно различными физико-механическими свойствами, что позволяет обеспечить надёжную работу систем в неблагоприятных производственных условиях. Защита таких конструкций из композиционных материалов обеспечивает необходимой долговечностью, высокими эксплуатационными свойствами и коррозионной стойкостью к воздействию агрессивных сред.

При решении задачи прочности многослойных оболочек за основу принимаются гипотезы, сформулированные С.А. Амбарцумяном [1, 2] как гипотезы уточненной теории. В качестве примера рассматриваются комбинированные оболочки, состоящие из трех слоев, связанных между собой податливыми тонкими клеевыми швами, находящимися под действием внешних статических нагрузок.

При эксплуатации трёхслойных плит выполненных на основе металла и стеклопластика необходимо учитывать сдвиговые жесткости и работу склеивающего шва, так как он позволяет создавать надёжную конструкцию в неблагоприятных производственных условиях [1], предохраняя их от агрессивных сред и внешних давлений. В современных машиностроительных конструкциях встречаются трёхслойные плиты и оболочки, многослойные цилиндры, комбинированные конструкции, созданные на основе металла и композиционных материалов.

Рассмотрим исследования напряженно-деформированное состояние трёхслойной плиты с учетом поперечного сдвига композитных слоев и податливости клеевого шва [4, 5]. Задачи устойчивости и прочности комбинированных трёхслойных плит с учетом межслоевых сдвигов, построенных на основе металла и стеклопластика.

В работе рассматривается комбинированная плита слои которой связанных между собой податливым тонким клеевыми швами δ_{u1}, δ_{u2} находящиеся под действием внешних нагрузок.

Напряженно-деформированное состояние и устойчивости комбинированных плит определяются при следующих допущениях:

- 1) толщины ортотропных слоёв постоянные и плита испытывает только упругие деформации;
- 2) толщина несущего слоя значительно больше армирующего ($h > \delta$); касательные напряжения $\tau_{\alpha x}^{(i)}, \tau_{\beta x}^{(i)}$ ($i=1,2,3$) – или соответствующие им деформации $e_{\alpha x}^{(i)}, e_{\beta y}^{(i)}$ по толщине оболочки меняются по заданному закону [1];

BUILDING

нормальное к срединной поверхности оболочки перемещение не зависит от координаты γ ;

3) давление между слоями отсутствует ($\sigma_\gamma = 0$).

4) склеивающие слой между двумя несущими и армирующими слоями работают 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.

Деформации сдвига несущего слоя можно записать в виде:

$$e_{\alpha x}^{(1)} = 0,5 \left(\frac{h^2}{4} - \gamma^2 \right) \Phi_1(\alpha, \beta) + \left(0,5 - \frac{\gamma}{h} \right) \frac{\tau_1(\alpha, \beta)}{G_{\alpha\gamma}^{(1)}} \quad (1)$$

$$e_{\beta x}^{(1)} = 0,5 \left(\frac{h^2}{4} - \gamma^2 \right) \Phi_2(\alpha, \beta) + \left(0,5 - \frac{\gamma}{h} \right) \frac{\tau_2(\alpha, \beta)}{G_{\beta\gamma}^{(1)}} \quad (2)$$

Деформации сдвига армирующих слоёв:

$$e_{\alpha x}^{(2)} = \left(\frac{1}{2} + \frac{\gamma_1}{\delta_1} \right) \frac{1}{G_{\alpha\gamma}^{(2)}} \cdot \tau_1(\alpha, \beta) \quad (3)$$

$$e_{\beta\gamma}^{(2)} = \left(\frac{1}{2} + \frac{\gamma_1}{\delta_1} \right) \frac{1}{G_{\beta\gamma}^{(2)}} \cdot \tau_2(\alpha, \beta) \quad (4)$$

$$e_{\alpha x}^{(3)} = \left(\frac{1}{2} + \frac{\gamma_1}{\delta_2} \right) \frac{1}{G_{\alpha\beta}^{(3)}} \cdot \tau_3(\alpha, \beta) \quad (5)$$

$$e_{\beta\gamma}^{(3)} = \left(\frac{1}{2} + \frac{\gamma_1}{\delta_2} \right) \frac{1}{G_{\beta\gamma}^{(3)}} \cdot \tau_3(\alpha, \beta) \quad (6)$$

Касательные напряжения

а) в несущем слое

$$e_{\alpha x, (\beta\gamma)}^{(i)} = \tau_{1,2,3}^{(i)}(\alpha, \beta) \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{\gamma}{h} \right) \quad (7)$$

б) в армирующем слое

$$\tau_{\alpha x, (\beta\gamma)}^{(i)} = \tau_{1,2,3}^{(i)}(\alpha, \beta) \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{\gamma}{\delta} \right) \quad (8)$$

Тогда, принимая во внимание принятые гипотезы имеем:

$$e_\gamma = 0; \quad U_\gamma = \omega(\alpha, \beta); \quad (9)$$

В более мощном, несущем слое полагаем наличие сдвигов возникающих за счёт действия поперечной силы и определенных функциями:

$$\Phi_1(\alpha, \beta), \quad \Phi_2(\alpha, \beta).$$

Здесь h, δ — толщина несущего и армирующего слоёв;

$\Phi_i = \Phi_i(\alpha, \beta)$ — произвольные искомые функции сдвига;

$\tau_i = \tau_i(\alpha, \beta)$ — искомые касательные напряжения;

$G_{ik}^{(1)}, G_{ik}^{(2)}, G_{ik}^{(3)}$, — модули сдвигов первого, второго и третьего слоев ($i = 1, 2, 3; k = 3$).

Координаты γ имеют следующие границы изменения :

$$\text{для первого слоя} \quad - \frac{h}{2} \leq \gamma \leq + \frac{h}{2};$$

$$\text{для второго слоя} \quad - \frac{\delta_1}{2} \leq \gamma_1 \leq + \frac{\delta_1}{2};$$

$$\text{для третьего} \quad - \frac{\delta_2}{2} \leq \gamma_2 \leq + \frac{\delta_2}{2}$$

BUILDING

Для получения основных уравнений деформирования трёхслойной плиты 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 плит с межслоевыми сдвигами. При определении НДС и устойчивости трёхслойной плиты варьировались модули сдвига и толщина склеивающего шва и исследовано влияние изменения толщин несущих слоёв.

Работа носит характер подробного численного исследования. В результате расчета получены зависимости, позволяющие оценить влияние межслоевого деформации сдвига и механические характеристики трёхслойных плит. Уравнение деформирования комбинированной плиты получим с помощью вариационного принципа, प्राप्त в качестве функционала полную энергию плиты.

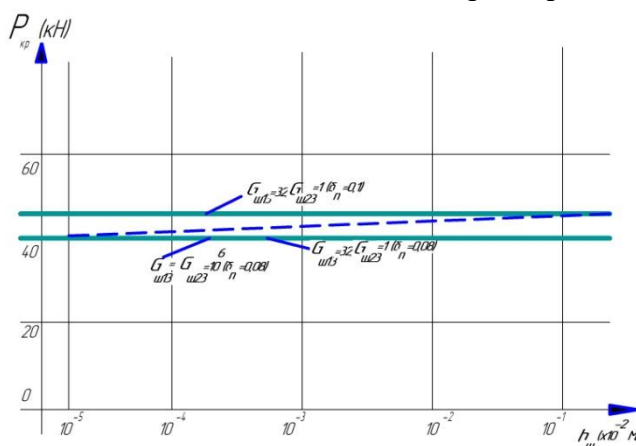


Рис1. Зависимости между критической нагрузкой и модулями сдвигами швов комбинированной плиты.

Используя вариационные уравнение Эйлера, получаем систему дифференциальных уравнений четвертого порядка в частных производных относительно неизвестных $W, U_0, V_0, \phi_1, \phi_2, \tau_1, \tau_2$. Из-за громоздкости систему дифференциальных уравнений [3].

Для исследования влияния межслоевого сдвига берем плиту, свободно опертую по контуру. Применяя метод Навье, предположим, что плита несет продольную сжимающую нагрузку $P_{кр}$.

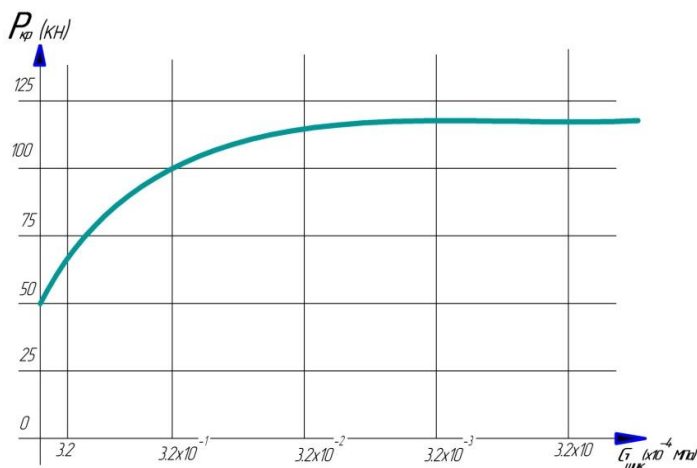


Рис2. Зависимости модуля сдвига шва между критической нагрузкой при изменениях толщины швов.

Решением системы дифференциальных уравнений равновесия, удовлетворяющей граничным условиям, служит двойной тригонометрический ряд. В качестве примера решения задачи устойчивости трехслойной плиты с учетом поперечных сдвигов и податливости клеевого шва выбрана шарнирно-опертая по контуру плита выполненная на основе металла и стеклопластика.

Результаты расчета комбинированной трехслойной оболочки с внешними стеклопластиковыми армирующими слоями приведены в виде графиков см.рис.1,2. При этом варьировался модуль сдвига и толщина шва. Расчет показал, что увеличение модуля сдвига шва в 10 раз от 3,2МПа до 32МПа приводит к изменению критических напряжений на 45%. Но пребольших значениях $G_{шк}$ это величина значительно меньше.

$$\begin{cases} E_1^{(2,3)} = 3.05\text{МПа}; E_2^{(2,3)} = 1.88\text{МПа}; q = 1\text{МПа}; \mu^{(2,3)} = 0.18 \\ E_1^{(1)} = E_2^{(1)} = 0.21\text{МПа}; \mu^{(2,3)} = 0.26; G_{ik}^{(1)} = 0.49\text{МПа} \\ G_{13}^{(1)} = 0.31\text{МПа}; G_{23}^{(1)} = 0.35\text{МПа}; G_{ik}^{(2,3)} = 0.81\text{МПа} \end{cases}$$

BUILDING

Установлена закономерность, что чем больше толщина несущего слоя, тем меньше влияние податливости клеевого шва на устойчивость трехслойных комбинированных плит. Численные расчеты показали, что модуль сдвига и толщина шва оказывают значительное влияние на прочность и устойчивость трёхслойных комбинированных плит, если модуль сдвига склеивающего слоя значительно меньше чем модуля сдвига слоёв.

Увеличение толщины в 10 раз от 10^{-2} до 10^{-3} см приводит к уменьшению критических напряжений на 6%. При увеличении толщины несущих и армирующих слоев влияние толщины шва уменьшается.

При увеличении толщины от $3,2 \cdot 10^{-2}$ до $3,2 \cdot 10^{-1}$ см приводит к уменьшению критической силы на 14%. Из полученных зависимостей видно, что при малых значениях модуля сдвига склеивающего слоя влияние податливости с учетом поперечного сдвига и устойчивость трёхслойных плит будет значительно больше. А при высоких значениях модуля сдвига шва из рисунков 1,2 видно, что влияние податливости шва на прочность устойчивость будет значительно меньше.

Список литературы

- [1]. Амбарцумян С.А. Общая теория анизотропных оболочек. изд. "Наука" гл. ред. ф.м.л. м, 1974 с 446.
- [2]. Воблых В.А. Дусматов А.Д. Пустынников В.И. Межслойные сдвига двухслойных комбинированных плит на основе металла и стеклопластика, Динамика и прочность машин, Харьков, изд. ХГУ, Вища шк. 1982 вып 36
- [3]. Дусматов А.Д. Прочность и деформативность двухслойных плит с податливыми клеевыми швами. Деп. В НИИНС Госстроя СССР, регистр. №3082, №3083 Р.ж строительство и архитектура, сер8, вып.7м, 1982г
- [4]. 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).
- [5]. Дусматов А.Д., Каримов Е.Х., Ахмедов А.У. и др. «Влияние температурных нагрузок на физико-механические свойства двухслойных пологих оболочек». Изд-во ФарПИ, Научно-технический журнал 2013г №2 (стр 29-32).