

МЕЖДУСЛОЕВЫЕ СДВИГИ ДВУХСЛОЙНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ПЛАСТИН И ОБОЛОЧЕК С УЧЕТОМ УСАДКИ КОМПОЗИТНЫХ СЛОЕВ

Дусматов Абдурахим Дусматович
Ахмедов Ахаджон Ўрмонжонович
Абдуллаев, Зокиржон Жураевич
Гапаров Кодиржон Гуломович
Ферганский политехнический институт
axadjon03ahmedov03@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается комбинированная двухслойная осесимметричная цилиндрическая оболочка и комбинированная пластина выполненная из композитных слоев, отличающихся по толщине и физико-механическими свойствами. А также исследовано влияния НДС таких пластин и оболочек на их прочность и деформативность с учетом междуслоевых сдвигов.

Ключевые слова: *двухслойная осесимметричная комбинированная оболочка, пластина, равномерно-распределенная нагрузка, система дифференциальных уравнений, деформирование пластин и оболочки, перемещение срединной поверхности.*

INTERLAYER SHIFTS OF TWO-LAYER COMBINED PLATES AND SHELLS TAKING INTO ACCOUNT THE SHRINKAGE OF COMPOSITE LAYERS

Dusmatov Abdurahim Dusmatovich
Akhmedov Akhadjon Urmonjonovich
Abdullaev Zokirjon Juraevich
Gaparov Qodirjon Gulomovich
Fergana Polytechnic Institute

ABSTRACT

The article considers a combined two-layer axisymmetric cylindrical shell and a combined plate made of composite layers differing in thickness and physical and mechanical properties. The influence of the SSS of such plates and shells on their strength and deformability, taking into account interlayer shifts, is also studied.

Keywords: *two-layer axisymmetric combined shell, plate, uniformly distributed load, system of differential equations, deformation of plates and shell, displacement of the middle surface, shear function, shear stresses.*

ВВЕДЕНИЕ

Применение слоистых и двухслойных 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 от коррозии и других нежелательных агрессивных сред. Конструирование слоёв с различными физико-механическими свойствами позволяет обеспечивать надежную работу в неблагоприятных производственных условиях.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе излагаются результаты исследования прочности металлогластикопластиковых комбинированных двухслойных пластин и оболочек с учетом переперного сдвига и усадки не металлического слоя. Также учтены межслоевые сдвиги и другие механические характеристики что позволяет оценить прочность и деформированность с достаточно высокой точностью для инженерных задач.

Предполагается что:

а) на оболочку действуют равномерно-распределенная нагрузка нормальная к срединной поверхности и плавно изменяющаяся вдоль образующей;

б) рассматриваемая двухслойная комбинированная оболочка состоит из несущего (1) армирующего и склеивающего слоев (3,2) При этом:

- в) Толщина несущего армирующего и склеивающего слоев постоянные;
- 2) Толщина несущего слоя значительно больше чем армирующего ($h > \delta$)

Расчет комбинированных двухслойных пластин оболочек на прочность и устойчивость с учетом вышеприведённых факторов будем производить с помощью системы дифференциальных уравнений деформирования оболочки относительно неизвестных ($U_o, V_o, \tau_{1,2}, \Phi_{1,2}, u, W$)

U_o, ϑ_o Перемещения серединой поверхности

При решении за основу принимаются гипотезы, сформулированные С.А.Амбарцумяном как гипотезы уточненной теории. [1,2] Рассматриваются комбинированные конструкции, состоящие из двух слоев, связанных между собой податливыми клеевыми швами и, находящихся под действием внешних статических и динамических нагрузок.

Деформации сдвига несущего слоя

$$e_{\alpha\gamma,\beta\gamma} = \frac{1}{2} \left(\frac{h^2}{2} - \gamma^2 \right) \Phi_{1,2}(\alpha, \beta) + \left(\frac{1}{2} - \frac{\gamma}{h} \right) \frac{\tau_{1,2}}{G_{13,23}^{(1)}} \quad (1)$$

Деформации сдвига композитных слоев равна:

$$e_{\alpha\gamma,\beta\gamma} = e_{\alpha\gamma,\beta\gamma} = \left(\frac{1}{2} + \frac{\gamma_1}{\delta_{n1}} \right) \frac{\tau_{1,2}}{G_{P13,23}} \quad (2)$$

Полная деформация неметаллического слоя

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\alpha i}^n &= e_{\alpha i}^y - e_{\alpha i}^{yc} \\ \varepsilon_{\beta i}^n &= \varepsilon_{\beta i}^n - \varepsilon_{\beta i}^{yc} \end{aligned} \quad (3)$$

где:

$h, \delta_{n1}, \delta_{n2}$ – толщина несущего и стеклопластикового слоев;

$G_{P13}^1, G_{B13}, G_{P13}^2$ – модули сдвигов среднего и крайних слоев;

$\Phi_1 = \Phi_1(\alpha, \beta), \Phi_2 = \Phi_2(\alpha, \beta)$ – искомые функции сдвига координат α, β ;

$\tau_1 = \tau_1(\alpha, \beta), \tau_3 = \tau_3(\alpha, \beta)$ – искомые касательные напряжения;

$\varepsilon_{\alpha i}^y, \varepsilon_{\beta i}^y$ – упругая деформация (первого и второго) слоев

$\varepsilon_{\alpha i}^{yc}, \varepsilon_{\beta i}^{yc}$ – усадка неметаллического слоя ($i=1$ первого, $i=2$ второго слоя)

Выражение полной энергии можно получить на основе вариационного принципа логранжа согласно этому принципу потенциальная энергия упругой системы в положении равновесия принимает стационарное значение. Она складывается из потенциальной энергии упругой деформации слоев клеевого шва и работы внешней нагрузки учитывая выражение полной энергии получим в виде функционала двойного интеграла

$$\begin{aligned} U(z) &= \frac{1}{2} \iint U_F \left(\frac{\alpha u}{\alpha z}, \frac{\alpha u}{\alpha j3}, \frac{\alpha v_o}{\alpha z}, \frac{\alpha v_o}{\alpha \beta}, \frac{\alpha \varphi_1}{\alpha z}, \frac{\alpha \varphi_1}{\alpha \beta}, \frac{\alpha \varphi_2}{\alpha \beta}, \frac{\alpha \tau_1}{\alpha z}, \frac{\alpha \tau_1}{\alpha \beta}, \frac{\alpha \tau_2}{\alpha z}, \frac{\alpha \tau_2}{\alpha \beta}, \frac{\alpha^2 \omega}{\alpha z^2}, \frac{\alpha^2 \omega}{\alpha \beta^2}, \right. \\ &\quad \left. \frac{\alpha^2 \omega}{\alpha z \cdot 2\beta}, \frac{\alpha \omega}{\alpha z} \right) \end{aligned}$$

$$\frac{\alpha\omega}{\alpha\beta}, U_0, \vartheta_0, \varphi_1, \varphi_2, \tau_1, \tau_2, \omega) ds \quad (4)$$

В работе излагаются результаты исследования прочности двухслойных пластин и оболочек. Учтены межслоевые сдвиги и податливости клеевого шва и другие механические характеристики, что позволяет оценить прочность и деформативность с достаточно высокой точностью для инженерных задач. При решении задачи прочности двухслойных комбинированных пластин оболочек за основу принимаются гипотезы, сформулированные С.А.Амбарцумяном как гипотезы уточненной теории. В качестве примера рассматриваются комбинированные пластины и оболочки, состоящие из двух слоев, связанных между собой податливыми тонкими клеевыми швами, находящимися под действием внешних статических нагрузок. Работа носит характер подробного исследования, доведенного до числовых примеров. В результате расчета получены зависимости, позволяющие оценить влияние межслоевого сдвига и механические характеристики оболочек. [4,6]

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В качестве примера рассмотрен расчёт двухслойных цилиндрических оболочек при следующих параметрах: внутренний диаметр $d=32$ см, толщина металлического слоя $h=0,6$ см, толщина стеклопластиковых слоев $\delta_1 = 0,2$ см, $\delta_2 = 0,25$ см. Результаты расчета показали, что увеличение $G_{шик}$ от 5,0 МПа до 50,0 МПа приводит к уменьшению напряжений $\sigma^{(1)}$ в стеклопластиковом слое на 5,2 %, при этом напряжение в металлическом слое увеличивается на 8,7%.

Изменение толщины склеивающего слоя комбинированной пластины в два раза (с $h_{ш} = 10^{-3}$ см до $0,5 \cdot 10^{-2}$ см) изменяет максимальные напряжения в стеклопластике 6,6 %. Анализ показал, что увеличение толщины склеивающего шва с учетом усадки неметаллического слоя, выполненного из эпоксидного клея ($G_{шик} = 5$ МПа), в 10 раз (с 10^{-4} до 10^{-3} м) увеличивает прогибы оболочки на 14%. При большом значении $G_{шик}$ (порядка $5 \cdot 10^5$ МПа) толщина шва на прогибы сказывается незначительно (меньше 2,1%). Установлена закономерность, чем больше толщина несущего металлического слоя, тем меньше влияние модуля сдвига шва на напряжения и деформированность двухслойных комбинированных оболочек.

ВЫВОДЫ

Результаты расчета показали, что увеличение модуля сдвига шва $G_{ш}$ от 50 Мпа до 500 МПа приводит к уменьшению напряжений в стеклопластиковом слое на 5 – 6,6%, при этом напряжение в металлическом слое увеличиваются на 7,2 – 8,1%.

В работе показано, что учет межслоевых сдвигов слоев и податливости клеевого шва существенно влияет на напряженно-деформированное состояние комбинированных двухслойных пластин при меньших сдвиговых жесткостях.

На основании приведенных расчетов можно сделать вывод, что возможно увеличение прочности двухслойных цилиндрических оболочек с учетом сдвигов неметаллического слоя на 16-18% по сравнению с однослойными металлическими оболочками.

REFERENCES

1. Касимов, И. И., Дусматов, А. Д., Хамзаев, И. Х., Ахмедов, А. У., & Абдуллаев, З. Д. (2020). Исследование влияния напряженно-деформированного состояния трехслойных комбинированных пологих оболочек на их физико-механические характеристики. Журнал Технических исследований, 3(2).
2. Дусматов Абдурахим Дусматович, Ахмедов Ахмедов Урмонжонович, Маткаримов Шухрат Адхамович, & Мамажонов Ботиржон Алижон Угли (2022). МЕЖДУСЛОЕВЫЕ СДВИГИ ДВУХСЛОЙНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ БЕТНОСТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ПЛИТ. Universum: технические науки, (1-1 (94)), 78-82
3. Inomjon, N., Kodirjon, G., Elmurod, U., & Zokirjon, A. (2021). Application of the method of finite differences to the calculation of shallow shells. Universum: технические науки, (3-4 (84)), 71-76.
4. Касимов, И. И., Дусматов, А. Д., Ахмедов, А. У., & Абдуллаев, З. Д. (2020). РАСЧЕТ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ. Журнал Технических исследований, 3(1).
5. Хамзаев, И. Х., Умаров, Э. С., Касимов, Э. У., & Ахмедов, А. У. (2019). Расчет многослойной плиты на упругом основании-Фер ПИ. I Международной научно-практической кон-и, 24-25
6. Гаппаров, К. Г., Эркабоев, Х. Ж., Мансуров, Ю. Н., & Аксёнов, А. А. (2021). Структурный анализ вторичных баббитов. Metallurg, (5), 60-64.
7. Маткаримов, Ш. А., & Ахмедов, А. У. (2020). Расчет асфальтобетонных дорожных покрытий на упругом основании. Главный редактор: Ахметов

Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук; Заместитель главного редактора: Ахмеднабиев Расул Магомедович, канд. техн. наук; Члены редакционной коллегии, 96.

8. Касимов, И. И., Дусматов, А. Д., Ахмедов, А. У., & Абдуллаев, З. Д. (2019). ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. Техник таджикотлар журналы, (2).

9. Tojiboyev, B. T., & Gapporov, Q. G. ugli Raxmonov, AT (2020). Reception and Storage of Grain Mixture Generated After the Combines. International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS). www.ijeais.org/ijeais, ISSN, 96-100.

10. Irkinivich, K. I., Umaraliyevich, K. I., & Urmonjonovich, A. A. (2019). Improvement of asphalt concrete shear resistance with the use of a structure-forming additive and polymer. International Journal of Scientific and Technology Research, 8(11), 1361-1363.

11. Kasimov, I. I., Dusmatov, A. D., Akhmedov, A. U., & Abdullaev, Z. J. (2019). THE RESEARCH OF TWO-LAYERS AXIALLY SYMMETRICAL CYLINDRICAL CLAD LAYERS ON THEIR PHYSIC MECHANICAL PROPERTIES. Журнал Технических исследований, (2).

12. Гуломович, Г. Қ., Эркабоев, Х. Ж., & Исмоилова, Д. С. (2020). Подшипниклардаги фойдаланилган баббит копламасига таъсир этувчи факторлар. Журнал Технических исследований, 3(2).

13. Kasimov Ibrahim Irkinovich, Hamzaev Inomjon Hamzaevich, Dusmatov Abduraxim Dusmatovich, Akhmedov Axadjon Urmonjonovich. Strength and deformation conditions of large deformation-resistant asphalt slabs lying on an elastic base. Int J Agric Extension Social Dev 2020;3(2):13-19.

14. Qosimov Ibrokhim Erkinovich, Dusmatov Abdurakhim Dusmatovich, Akhmedov Akhadjon Urmonjonovich. The study of the effect of vehicles on the deformation of modified asphalt: Concrete coatings. Int J Agric Extension Social Dev 2020;3(2):06-08.

15. ГАППАРОВ, К. Г., ТОЖИБОЕВ, Б. Т., & МАНСУРОВ, Ю. Н. Учредители: Металлургиздат. МЕТАЛЛУРГ, (11), 101-105.

16. Дусматов, А. Д., Гаппаров, Қ. Ф., Ахмедов, А. Ў., & Абдуллаев, З. Ж. (2021). ВЛИЯНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВО ДВУХСЛОЙНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК В НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ. Scientific progress, 2(8), 528-533

17. Гаппаров, К. (2021). ПРОМЫШЛЕННОЕ ОПРОБОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ И ПЕРЕПЛАВКИ ВТОРИЧНЫХ БАББИТОВ. *Universum: технические науки*, (10-1 (91)), 63-67
18. Дусматов, А. Д., Ахмедов, А. Ё., & Абдуллаев, З. Ж. (2021). Температурная задача двухслойных цилиндрических оболочек с композиционными защитными слоями. *Scientific progress*, 2(7), 343-348.
19. Касимов, И. И., Дусматов, А. Д., Ахмедов, А. У., & Абдуллаев, З. Д. (2019). Исследование состояния двухслойных осесимметричных цилиндрических оболочек на физико-механические характеристики. *Техник тадқиқотлар журнали*, (2).
20. Халилов, Ш. З., Гаппаров, К. Г., & угли Махмудов, И. Р. (2020). Влияние травмирования и способов обмолота семян пшеницы на их биологические и урожайные свойства. *Журнал Технических исследований*, 3(1).
21. Dusmatov, A D. (2019) "INVESTIGATION OF STRENGTH AND STABILITY OF THREE-LAYER COMBINED PLATES USED IN UNDERGROUND STRUCTURES," *Scientific-technical journal: Vol. 22 : Iss. 2 , Article 55*
22. Структурный анализ вторичных баббитов / К. Г. Гаппаров, Х. Ж. Эркабоев, Ю. Н. Мансуров, А. А. Аксенов // *Металлург.* – 2021. – № 5. – С. 60-64. – DOI 10.52351/00260827_2021_05_60.
23. A.Dusmatov, & Musayev Murodbek Xabibullo o'g'li. (2021). STRENGTH AND DEFORMATION CONDITIONS OF SLABS OF THE SECOND LAYER COMPOSITE MATERIALS. *EURASIAN JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES, PHILOSOPHY AND CULTURE*, 1(1), 9–14.
24. Абдуллаев Зокиржон Джураевич ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОСЕИВАНИЯ ЧАСТИЦ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА ОТ СКОРОСТИ ИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ // *Universum: технические науки.* 2021. №1-1 (82). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zavisimost-intensivnosti-proseivaniya-chastits-sypuchego-materiala-ot-skorosti-ih-peremescheniya-i-geometricheskih-parametrov> (дата обращения: 05.11.2021).
25. Дусматов, А. Д., Хамзаев, И. Х., & Рахмонов, А. Т. У. (2021). Исследование напряженно-деформированное состояние и устойчивости двухслойных комбинированных плит и оболочек с учетом поперечного сдвига и податливосиди клеевого шва. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(10), 435-446.

26. Abduqodirov, N. S. O., Oqyolov, K. R. O., Jalilova, G. X. Q., & Nishonova, G. G. (2021). CAUSES AND EXTINGUISHING EQUIPMENT OF VIBRATIONS OCCURRED BY MACHINERY AND MECHANISMS. *Scientific progress*, 2(2), 950-953.
27. Oqyo, K. R. O. G. L., Abduqodirov, N. S. O. G. L., O'G'Li, A. T. L., & G'Azaloy, G. (2021). MASHINA VA MEXANIZMLARNING ISH JARAYONIDA VUJUTGA KELGAN VIBRATSIYA SABABLARI VA SO'NDIRISH QURILMALARI. *Scientific progress*, 2(6), 576-579.
28. Нишонова, Ф. Ф., & Жалилова, Г. Х. Қ. (2021). МАТЕРИАЛ ҚАТЛАМИНИ САҚЛАШ УЧУН САРФЛАНГАН ҚУВВАТ ҲИСОБИ. *Scientific progress*, 2(6), 166-170.
29. Kamoliddin Raxmat O'G'Li Oqyo'Lov, Nurzod Shavkatjon O'G'Li Abduqodirov, Abduhalim Toshpo'Lat O'G'Li Rahmonov, & G'Azaloy G'Ulomjonovna Nishonova (2021). MASHINA VA MEXANIZMLARNING ISH JARAYONIDA VUJUTGA KELGAN VIBRATSIYA SABABLARI VA SO'NDIRISH QURILMALARI. *Scientific progress*, 2 (6), 576-579.
30. Kamoliddin Raxmat O'G'Li Oqyo'Lov, Nurzod Shavkatjon O'G'Li Abduqodirov, Abduhalim Toshpo'Lat O'G'Li Rahmonov, & G'Azaloy G'Ulomjonovna Nishonova (2021). MASHINA VA MEXANIZMLARNING ISH JARAYONIDA VUJUTGA KELGAN VIBRATSIYA SABABLARI VA SO'NDIRISH QURILMALARI. *Scientific progress*, 2 (6), 576-579.
31. Ziyayev, A. T., & Nishonova, G. A. G. (2021). MASHINA DETALLARINING ISHDAN CHIQISH SABABLARINI ANIQLASH VA USHBU DETALLARNING KIMYOVIY-TERMIK ISHLOV BERISH AHAMIYATI. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(10), 136-142.
32. Алимович Ахунбаев, Ғазалой Ғуломжоновна Нишонова, & Гулноза Хабибулла Қизи Жалилова (2021). ҚУРИТИШ АППАРАТЛАРИДА МАТЕРИАЛ ҚАТЛАМИНИ САҚЛАШ УЧУН САРФЛАНГАН ҚУВВАТ ҲИСОБИ. *Scientific progress*, 2 (6), 1624-1627.
33. Tojiboyev, B. T. (2022). Energiya saqlash qobiliyatiga ega issiqlik saqlovchi materiallarni qo'llashda innovatsion texnologiyalardan foydalanish istiqbollari. *Science and Education*, 3(3), 186-192.
34. Toshpo'latovich, Z. A., & Tolibjonovich, T. B. (2021). Calculation of Thermal State of Sleeves and Cylinder Covers. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES*, 2(11), 229-236.

-
35. Tojiboyev, B. T., & Yusupova, N. X. (2021). SUYUQ KOMPOZITSION ISSIQLIK IZOLYATSIYALOVCHI QOPLAMALARI VA ULARNING ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK KOEFFISENTINI ANIQLASH USULLARI. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(10), 517-526.
36. Akramova, N. M. (2019). Dekhkonboy Nabirasi O. Phraseological euphemisms in modern English. *Problemy Nauki*, (12-2), 145.
37. Tojiboyev, B. T. (2020). EUPHEMISM AND GENDER: LINGUOCULTURAL EUPHEMISMS AMONG MALES AND FEMALES IN UZBEK AND ENGLISH LANGUAGE. *INTERNATIONAL JOURNAL OF DISCOURSE ON INNOVATION, INTEGRATION AND EDUCATION*, 1(5), 8-11.
38. Boburjon Tolibjonovich Tojiboyev (2021). HEAT RESISTANT FLUID INSULATING COAT. *Scientific progress*, 2 (7), 524-531.
39. Boburjon Tolibjonovich Tojiboyev (2021). DEVELOPMENT OF THERMAL INSULATION MATERIALS WITH LOW THERMAL CONDUCTIVITY ON THE BASIS OF LOCAL RAW MATERIALS. *Scientific progress*, 2 (8), 340-346.
40. Ziyayev, A. T., & Nishonova, G. A. G. (2021). MASHINA DETALLARINING ISHDAN CHIQLASH SABABLARINI ANIQLASH VA USHBU DETALLARNING KIMYOVIY-TERMIK ISHLOV BERISH AHAMIYATI. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(10), 136-142.