

Ю. В. Немировский

ПРЕДЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ГИБРИДНЫХ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ ПЛАСТИН БЕЗ ПРЯМЫХ УГЛОВ

*Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН,
г. Новосибирск, Россия*

Аннотация. Для класса гибридных слоистых пластин с контурами не имеющих прямых углов при различных условиях нагружения и закрепления контуров, разработан метод определения первых (предельно упругих) и вторых (нагрузка предразрушения) предельных нагрузок. Определены критерии их достижения, получены необходимые системы разрешающих уравнений и описан метод их решения.

Ключевые слова: гибридные слоистые пластины, полигональные, с контуром и без прямых углов, защемление и шарнирное закрепление на контуре, первое (предельно упругое) и второе (состояние предразрушения) предельные состояния, критерий достижения предельных состояний, определение предельных нагрузок.

DOI: XXXXXXXXXX

УДК: 539.374

Введение

Полигональные пластинки различных видов находят широкое применение в различных отраслях машиностроения, судостроительной и авиационной технике и предприятиях стройиндустрии. Расчеты напряженно-деформированного состояния и несущей способности (за редким исключением) касаются прямоугольных и трапецевидных пластин на основе моделей упругих сред [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] или модели идеальных жестко-пластических материалов по схеме А.А. Гвоздева. Эти модели давно показывают невозможность выполнения все возрастающих экономических и эксплуатационных требований к изделиям при использовании конструкций из однородных материалов.

$$\sigma_{xj} = \frac{\Phi_j(\varepsilon_u)}{\varepsilon_u} \left(\varepsilon_x + \frac{1}{2}\varepsilon_y \right), \quad \tau_j = \frac{\Phi_j(\varepsilon_u)}{\varepsilon_u} \gamma, \quad \sigma_{yj} = \frac{\Phi_j(\varepsilon_u)}{\varepsilon_y + \frac{1}{2}\varepsilon_x}, \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (1)$$

© Немировский Ю. В., 20XX
Немировский Юрий Владимирович
e-mail: nemirov@itam.nsc.ru, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, г. Новосибирск, Россия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-01-00038.

Поступила 20.03.2019

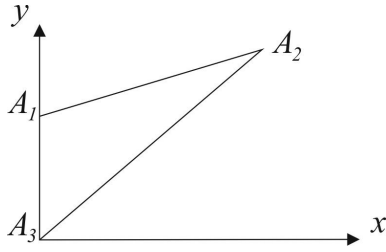


Рис. 1

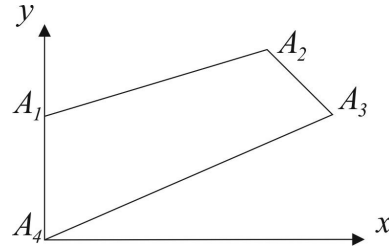


Рис. 2

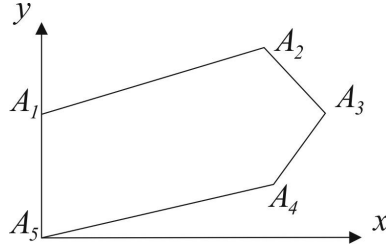


Рис. 3

В настоящее время разработано множество эффективных и надежных технологических методов (склейка, различные типы сварок, плазменного и холодного газодинамического напыления, электронной наплавки и др.) позволяющие создавать разнообразные гибридные конструкции из практически любых наборов материалов. Разрабатываемые в настоящее время методы исследования и оценки несущей способности таких композитных конструкций основывается на моделях упругих сред и не позволяют надежно и адекватно оценивать их реальное поведение. Дело в том, что от вновь создаваемых материалов требуют существенного увеличения прочностных и пластических характеристик, что приводит к иным перераспределениям полей напряжений и деформаций в гибридных конструкциях, чем предсказываемые в рамках упругих расчетов. Кроме того, возникающие нелинейные начально-краевые задачи приводят к серьезным аналитическим и численным проблемам при реализации процедур их решения.

В представленной работе разработан новый подход к расчету и анализу предельных состояний определенного класса полигональных гибридных и однородных пластин, позволяющих с единых позиций анализировать два принципиально разных предельных состояния: первое — предельно упругое, когда во всех составляющих материалах не будет превышен предел упругости и второе предельное состояние (состояние предразрушения), когда все материалы или некоторые из них деформируются пластически, но ни один из них не разрушается.

№	Породы	A 10 ³ МПа	B 10 ⁶ МПа	ε_*^+ 10 ⁻³	ε_*^- 10 ⁻³	σ_*^+ МПа	σ_*^- МПа	γ Кн/м ³
1	Материал 1	15.97	2.65	7.4	-4.6	97.6	54.4	5.00
2	Материал 2	15.21	0.773	11.0	-7.2	137.4	51.8	6.77
3	Материал 3	14.01	1.789	-5.0	-5.0	95.9	41.2	4.41

Таблица 1. Квадратичная аппроксимация

Основные уравнения

Будем рассматривать однородные или слоистые изотропные попарно симметричные отсчетной (срединной) поверхности пластинки из различных материалов одинаково сопротивляющихся растяжению и сжатию. При этом в декартовой системе координат (x, y, z) напряжения в j -ом слое при поперечном изгибе пластин определяются равенствами

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Власов В. З. Тонкостенные пространственные системы. Москва: Госстройиздат, 1958. 502 с.
- [2] Немировский Ю. В. Динамика пластических слоисто-волоконистых пластин // Материалы X Всероссийской конференции по механике деформируемого твердого тела. Самара: Самарский государственный технический университет, 2017. С. 106–110.
- [3] Кошур В. Д., Немировский Ю. В. Континуальные и дискретные модели динамического деформирования элементов конструкций. Новосибирск: Наука, 1990. 190 с.
- [4] Немировский Ю. В. Прогнозирование нелинейного деформирования гибридных композитных материалов // Проблемы нелинейной механики деформируемого твердого тела. Труды второй международной конференции. Казань: Казанский государственный университет, 2009.
- [5] Флетчер К. Численные методы на основе метода Галеркина. Мир: Москва, 1988. 352 с.
- [6] Немировский Ю. В. Второе предельное состояние полиметаллических круглых и кольцевых пластин // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2015. № 1(23). С. 189–195.
- [7] Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. Восьмое изд. Наука: Москва, 1966. 870 с.

Yu. V. Nemirovskii

LIMIT STATE OF HYBRID POLYGONAL PLATES WITHOUT RIGHT ANGLES

S. Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract. For a class of hybrid laminated plates with contours that do not have right angles under various conditions of loading and fixing the contours, a method has been developed for determining the first (extremely elastic) and second (pre-failure load) ultimate loads. The criteria for their achievements, obtained the necessary systems of solving equations and described the method of their solution.

Keywords: hybrid layered plates, polygonal, with and without contour of right angles, pinching and hinging on the contour, the first (extremely elastic) and second (pre-fracture state) limit states, the criterion of reaching the limit states, the determination of the limit loads.

REFERENCES

- [1] Vlasov V. Z. Thin-walled spatial systems. Moscow: Gosstroyizdat, 1958. 502 p. (in Russian).
- [2] Nemirovskii Y. V. Dynamics of plastic layered fiber plates // Materials of the X All-Russian Conference on Mechanics deformable solid body. Samara: Samara State Technical University, 2017. P. 106–110. (in Russian).
- [3] Koshur I. D., Nemirovskii Y. V. Continuous and discrete models of dynamic deformation structural elements. Novosibirsk: Nauka, 1990. 190 p. (in Russian).

Nemirovskii Yuri Vladimirovich, Dr. Sci. Phys. & Math., Professor, Leading Research Worker, S. Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russia.

- [4] Nemirovskii Y. V. Predicting Non-Linear Deformation of Hybrid composite materials // Problems of nonlinear mechanics of a deformable solid body. Proceedings of the second international conference. Kazan: Kazan State University, 2009. (in Russian).
- [5] Fletcher K. Numerical methods based on the Galerkin method. Mir: Moscow, 1988. 352 p. (in Russian).
- [6] Nemirovskii Y. V. The second limit state of polymetallic round and ring plates // Bulletin of the Yakovlev Chuvash State Pedagogical University. Series: Mechanics of Limit State. 2015. no. 1 (23). P. 189–195. (in Russian).
- [7] Vygodsky M. I. Higher Mathematics Handbook. Eighth edition. Nauka: Moscow, 1966. 870 p. (in Russian).