

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЛОИСТОЙ МЕТАЛЛОКОМПОЗИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ОТ ПАРАМЕТРОВ ПОДКРЕПЛЕНИЯ

П.И. Болтаев

THE DEPENDENCE RESEARCH OF THE BEARING CAPACITY OF THE METAL-COMPOSITE ENVELOPE AND REINFORCEMENT PARAMETERS

P.I. Boltayev

Проведенными ранее исследованиями автором показана возможность существования пространства параметров подкрепляющего набора слоистой подкрепленной металлокомпозитной оболочки, при которых существуют максимальные удельные жесткостные характеристики подкрепленной оболочки, которые, в свою очередь, обеспечивают максимальный критерий качества. В данной работе подтверждается, что существует область, в которой параметры подкрепляющего набора подкрепленной слоистой металлокомпозитной оболочки обеспечивают ее максимальную несущую способность.

Ключевые слова: несущая способность, слоистая металлокомпозитная оболочка, параметры подкрепляющего набора, безразмерные параметры.

The author's study shows the substantive possibility of the space with the reinforced parameter set of the layered metal-composite envelope whereby there are maximum specific stiffness characteristics of the reinforced envelope. These characteristics provide the maximum performance criterion. The present contribution confirms that there is a space which reinforcement parameters set of the reinforced layered metal-composite envelope provides their maximum bearing capacity.

Keywords: bearing capacity, layered metal-composite envelope, reinforced parameter set, nondimensional parameter.

В работах [1, 2] автором была исследована критическая нагрузка внешнего давления гладкой слоистой оболочки, изготовленной из металлокомпозита, в зависимости от конструктивных и структурных параметров пакета, где было показано, что оптимизаций структуры пакета можно достичь увеличением несущей способности оболочки в пределах 25 %. В настоящей статье проведем исследование поведения критической нагрузки, в зависимости от безразмерных параметров подкрепления оболочки f и C , соответственно относительной толщины обшивки и степени утонения подкрепляющего ребра.

$$f = \frac{\delta}{H}; C = \frac{b}{a}. \quad (1)$$

Остальные параметры понятны из рис. 1.

Пакет подкрепленной оболочки набирался следующим образом. В подкрепляющих ребрах слои укладывались чередованием, а в обшивке слои укладывались только в кольцевом направлении ($\alpha = 90^\circ$). Критическая нагрузка определялась по зависимости, изложенной в работе [3], при этом характеристики жесткости подкрепленного пакета, входящие в операторы, определялись по зависимостям работы [4] в соответствии с конкретным расположением слоев.

На рис. 2 показаны графики изменения критической нагрузки в зависимости от безразмерного параметра C при нескольких значениях безразмерного параметра f для оболочки, изготовленной из бороалюминиевых слоев.

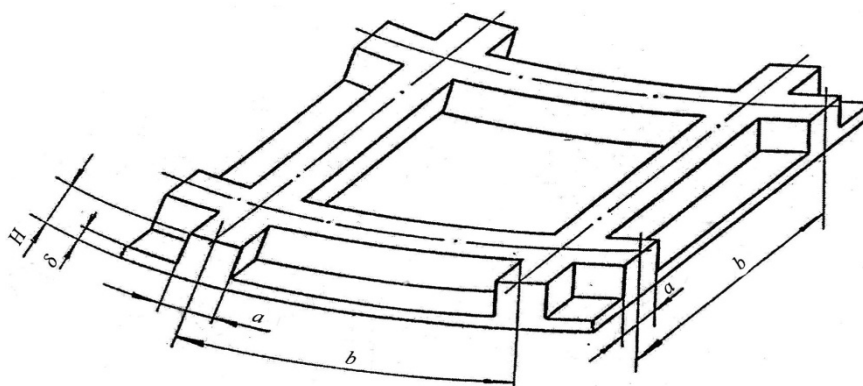


Рис. 1. Элемент подкрепленной оболочки

Графики построены при следующих параметрах слоистой оболочки: общая толщина пакета $H = 15$ мм; радиус оболочки $R = 1500$ мм; $\frac{L}{R} = 5,0$; L – длина оболочки; толщина слоя $h = 0,172$ мм; коэффициент армирования $\psi = 0,4$. Как видно, все кривые графика имеют экспоненциальный характер, при этом отметим то, что безразмерный параметр f не изменяет характер поведения критической нагрузки, а влияет только на количественную сторону ее значений.

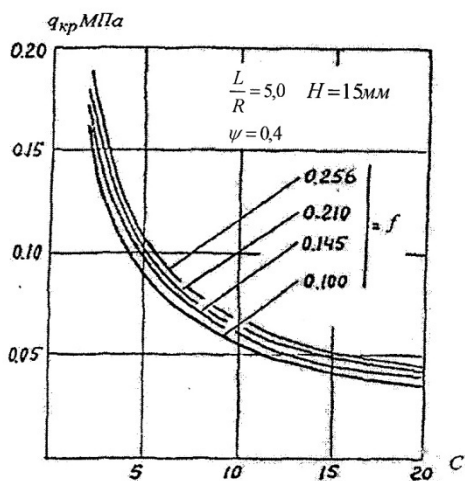


Рис. 2. Изменение критической нагрузки в зависимости от степени утонения ребра

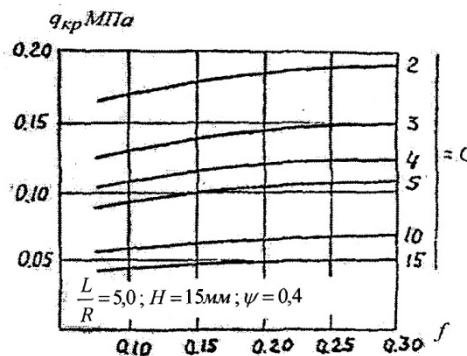


Рис. 3. Изменение критической нагрузки в зависимости от степени утонения обшивки

На рис. 3 показан график изменения критической нагрузки в зависимости от безразмерного параметра f при различных значениях безразмерного параметра C . При этом остальные параметры слоистой подкрепленной оболочки оставались прежними. Как видно из графика, в этом случае характер поведения кривых иной. С увеличением относительной толщины обшивки величина критической нагрузки увеличивается. Увеличение плавное и с ростом степени утонения подкрепляющего ребра C зависимость критической нагрузки достигает максимума.

Значительный интерес представляют два других графика (рис. 4 и 5).

На рис. 4 показан график изменения отношения критической нагрузки к погонной площади сечения пакета в зависимости от параметра C – степени утонения подкрепляющего ребра при различных значениях безразмерного параметра f – относительной толщины обшивки. Графики

Расчет и конструирование

построены для двух значений исходной толщины пакета: $H = 15$ мм; $H = 20$ мм. При этом безразмерный параметр $\frac{L}{R} = 2,5$, а коэффициент армирования $\psi = 0,4$. Как видно из графика, при уменьшении относительной толщины обшивки f наблюдается максимум значения указанного отношения. Это убедительно подтверждает результаты предыдущих исследований автора [5], говорящих о том, что существует область значений безразмерных параметров f и C , при которых удельные изгибные жесткости подкрепленного слоистого пакета оболочки имеют максимальные значения, которые, в свою очередь, обеспечивают максимальные значения несущей способности подкрепленной конструкции.

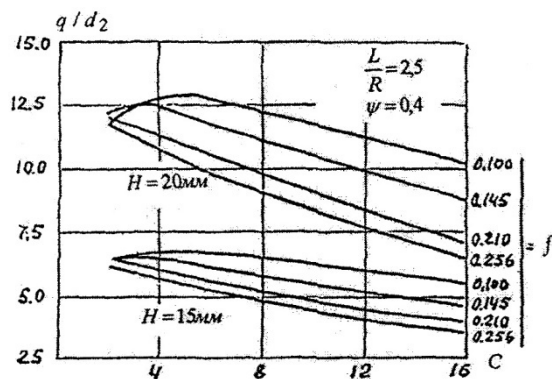


Рис. 4. Изменение отношения критической нагрузки к погонной площади сечения пакета в зависимости от степени утонения ребра

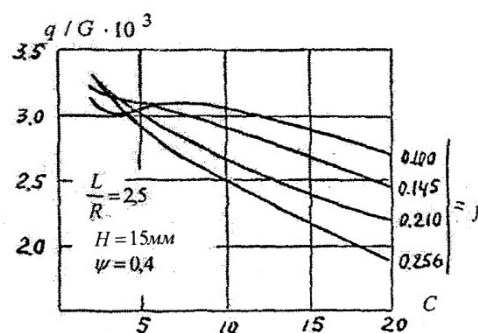


Рис. 5. Изменение удельной критической нагрузки в зависимости от степени утонения ребра

В подтверждение этого положения на рис. 5 показано изменение значения удельной критической нагрузки подкрепленной оболочки (отношение величины критической нагрузки оболочки к ее весу) в зависимости от степени утонения подкрепляющего ребра при различных значениях относительной толщины оболочки. График построен для значений безразмерного параметра $\frac{L}{R} = 2,5$; коэффициента армирования $\psi = 0,4$ и исходной толщины $H = 15$ мм. Как видно из графиков, с уменьшением относительной толщины обшивки f наблюдается максимум указанного отношения. При этом максимум наблюдается в диапазоне значений степени утонения подкрепляющего ребра $C = 4 \div 10$. Это также убедительно подтверждает то, что существует область значений безразмерных параметров подкрепления f и C , оптимальных с точки зрения экстремума выбранного критерия качества, в частности, либо максимума значений несущей способности подкрепленной слоистой конструкции, либо минимума массы последней, в зависимости от выбранного критерия качества при проектировании подкрепленной конструкции.

Литература

1. Болтаев, П.И. Исследование несущей способности пакета боралюминовых цилиндрических оболочек из слоев, уложенных под углом к образующей / П.И. Болтаев // *Техника, экономика, информация. Сер. «Конструкции из композиционных материалов»*. – 1982. – Вып. 1с. – С. 43–51.
2. Болтаев, П.И. Исследование схем проектирования тонкостенных цилиндрических оболочек из боралюминия, работающих на устойчивость при внешнем давлении / П.И. Болтаев, М.Р. Романов // *Техника, экономика, информация. Сер. «Конструкции из композиционных материалов»*. – 1981. – Вып. 2с. – С. 41–48.
3. Болтаев, П.И. Основные уравнения анизотропной цилиндрической оболочки / П.И. Болтаев // *Конструкции из композиционных материалов*. – 2008. – № 1. – С. 3–11.
4. Болтаев, П.И. Вывод уравнений жесткостных характеристик подкрепленной слоистой оболочки / П.И. Болтаев // *Техника, экономика, информация. Сер. «Конструкции из композиционных материалов»*. – 1985. – Вып. 2. – С. 27–32.

5. Болтаев, П.И. *Определение допустимой области существования подкрепляющего набора слоистых оболочек, обеспечивающих максимальную несущую способность конструкции / П.И. Болтаев // Конструкции из композиционных материалов. – 2008. – № 3. – С. 21–26.*

Поступила в редакцию 23 марта 2012 г.

Болтаев Петр Иванович. Доктор технических наук, помощник Генерального конструктора, Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева. Область научных интересов – проектирование конструкций из композиционных материалов, устойчивость металлокомпозитных конструкций летательных аппаратов. Тел.: (351) 328-61-29; e-mail: src@makeyev.ru

Petr I. Boltayev. Doctor of engineering science, General designer assistant, Academician V.P. Makeyev state rocket centre. The area of scientific interests – composite material structural design, stability of metal-composite structures of airborne devices. Tel.: (351) 328-61-29; e-mail: src@makeyev.ru