

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В МОСТОСТРОЕНИИ

В. В. ЛЕВТРИНСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

За последние десятилетия композиты активно вошли в нашу жизнь и заменили традиционные материалы в энергетике, транспорте, электронике и других сферах деятельности.

Композиционные материалы (КМ) – это материалы из двух, трех и более разнородных фаз (веществ) в одном объеме. Они однородны в макромасштабе, но гетерогенны в микромасштабе. В настоящее время к числу композиционных материалов принято относить сравнительно небольшую группу материалов – полимеры, металлы, керамику и углерод, армированные волокнами, а также наполненные полимеры, дисперсно-упрочненные сплавы и псевдосплавы.

Современное определение композиционных материалов предполагает выполнение следующих условий:

- композиция должна представлять собой сочетание хотя бы двух разнородных материалов с четкой границей раздела между фазами;

- компоненты композиции образуют ее своим объемным сочетанием;

- композиция должна обладать свойствами, которых нет ни у одного из ее компонентов в отдельности.

Композиционными (от лат. composition – составление) называют материалы, образованные из двух или более разнородных фаз и обладающие характеристиками, не присущими исходным компонентам. Данное определение хорошо отражает идею композита, но является слишком широким, поскольку охватывает подавляющее большинство материалов и сплавов (например, стали, чугуна, бетона и др.). Сплавы не считаются компонентами, поскольку это материалы на основе смеси индивидуальных веществ.

Более правильным будет другое определение.

*Композиты – объемное монолитное искусственное сочетание разнородных по форме и свойствам двух и более материалов (компонентов), с четкой границей раздела, использующее преимущества каждого из компонентов и проявляющее новые свойства, обусловленные граничными процессами.*

*Композиционный материал (композит) представляет собой неоднородный сплошной материал, состоящий из двух и более компонентов, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрицу (или связующее), обеспечивающую совместную работу армирующих элементов.* То есть под композиционным материалом понимается только такой материал, в котором имеется граница раздела между составляющими его материалами.

Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы (связующего), их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств.

Использование в одном материале нескольких матриц (полиматричные композиционные материалы) или наполнителей различной природы (гибридные композиционные материалы) значительно расширяет возможности регулирования свойств композиционных материалов.

К композиционным относятся материалы, обладающие следующей совокупностью признаков:

- не встречаются в природе, поскольку созданы человеком;

- состоят из двух или более компонентов, различающихся по своему химическому составу и разделенных выраженной границей;

- имеют новые свойства, отличающиеся от свойств составляющих их компонентов;

- неоднородны в микромасштабе и однородны в макромасштабе;

- состав, форма и распределение компонентов «запроектированы» заранее;

- свойства определяются каждым из компонентов, которые в связи с этим должны быть в материале в достаточном количестве (больше некоторого критического содержания).

Области применения композиционных материалов многочисленны. Применение КМ в ряде случаев требует создания новых методов изготовления деталей и изменения принципов конструирования деталей и узлов конструкций.

Целью создания КМ является объединение схожих или разнородных компонентов для получения материала с новыми заданными свойствами и характеристиками. С появлением такого рода материалов возникает возможность селективного выбора композитов, необходимых для нужд каждой конкретной области применения.

В какой бы области науки и техники ни появлялась необходимость создания материалов с комплексом новых свойств, которые ни один гомогенный материал не может обеспечить, такими материалами становятся композиты.

В мостостроении композиты находят все большее и большее применение. Активно применяются системы внешнего армирования углеволокном. Это простой и надежный способ усиления конструкций, экономически более выгоден по сравнению с традиционными методами, позволяет многократно повысить прочность мостовых конструкций, увеличить их несущую способность. Продлевает срок службы пролетных строений мостов наклейка композиционных лент на нижние пояса балок с предварительным напряжением в лентах.

Усиление при помощи композитных лент и панелей из углеродных волокон позволяет экономить до 20 % средств, выделяемых на ремонт мостовых сооружений. В целом композиционные системы усиления состоят из специально подобранных волокон и смол, которые, работая вместе, создают высокотехнологичные композиты. Углеродные, стеклянные или арамидные армирующие волокна в комбинации с высококачественными смолами работают как высокопрочная система усиления, а многообразие композитов дает возможность находить технологические решения любых сложных задач непосредственно для каждого отдельно взятого объекта. Успешно применяются конструкции композитных мостобруса и плит БМП для железнодорожных мостов, которые имеют расчетный срок службы 50 лет.

Композиционные материалы используются и при восстановлении железобетонных конструкций, поврежденных в ходе эксплуатации («отстрел» защитного слоя, коррозия арматуры и бетона, наличие трещин, непроектных прогибов и т. д.). В результате такого восстановления сохраняются эксплуатационные свойства этих конструкций, повышается их долговечность. Это объясняется сравнительно высокой прочностью полимербетонных композитов, низкой влагонепроницаемостью, устойчивостью к воздействию многих химических факторов. Можно сказать, что усиление строительных конструкций композиционными материалами является менее трудоемким и энергозатратным процессом по сравнению со всеми другими аналогичными способами.

Дальнейшее развитие композиционных материалов в мостостроении будет идти в двух направлениях. Первое – разработка новых матричных блоков с использованием их для замены отдельных элементов моста (укрепительные работы, тротуары, перила и т. д.). Второе – использование композитных систем для блоков пролетных строений и опор, в которых сталь, бетон, дерево и армированные полимеры работают совместно. Сталь и древесина будут полностью инкапсулированы, защищены от внешних воздействий влаги и воздуха. Всё это позволит ускоренно монтировать крупноблочные облегченные элементы и эксплуатировать сооружения с минимальными эксплуатационными затратами.

УДК 539.374

## НАГРУЖЕНИЯ ТРЁХСЛОЙНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С УПРУГИМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

Д. В. ЛЕОНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Широкое применение трехслойных конструкций в транспортном машиностроении и строительстве вызывает необходимость разработки методов их расчета при различных внешних динамических нагрузках [1]. Здесь рассмотрены колебания трехслойной цилиндрической оболочки с упругим наполнителем внутри.

В тонких изотропных несущих слоях оболочки вращения приняты гипотезы Кирхгофа – Лява. В толстом наполнителе учитывается работа поперечного сдвига и обжатие по толщине, изменение перемещений принято линейным по поперечной координате. На границах контакта используются условия непрерывности перемещений. Деформации малые.

Уравнения движения трехслойной оболочки и силовые граничные условия следуют из вариационного принципа Лагранжа с учетом вариации работы сил инерции:

$$\sum_{k=1}^2 \left[ a_{m\alpha 1}^k u_{\alpha, \alpha\alpha}^k + a_{m\alpha 2}^k u_{\alpha, \beta\beta}^k + a_{m\alpha 3}^k u_{\alpha}^k + a_{m\alpha 4}^k u_{\beta, \alpha\beta}^k + a_{m\alpha 5}^k w_{,\alpha}^k + a_{m\alpha 6}^k w_{,\alpha\alpha\alpha}^k + a_{m\alpha 7}^k w_{,\alpha\beta\beta}^k \right] - b_{\alpha}^m \ddot{u}_{\alpha}^m = (\mp 0, 5h_m c_2^m \delta_{\alpha 2} - R) m_m q_{\alpha}^m + \sum_{\gamma=1}^2 \sum_{k=1}^2 \left[ a_{m31}^{\gamma k} w_{,\gamma\gamma\gamma}^k + a_{m32}^{\gamma k} w_{,\gamma 1122}^k + a_{m33}^{\gamma k} w_{,\gamma\gamma}^k + (a_{m34}^{\gamma k} - R m_m \kappa_0^m \delta_{nk}) w^k + a_{m35}^{\gamma k} u_{\gamma, \gamma\gamma\gamma}^k + a_{m36}^{\gamma k} u_{\gamma, \gamma\gamma}^k + a_{m37}^{\gamma k} u_{\gamma, \gamma\beta\beta}^k \right] - b_3^m \ddot{w}^m = -R m_m \left[ q_3^m \pm 0, 5h_m (q_1^m + R^{-1} c_2^m q_2^m) \right] (m, \alpha, \beta = 1, 2; \alpha \neq \beta). \quad (1)$$

Запятая в нижнем индексе обозначает операцию дифференцирования по следующей за ней координате.