

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.

Метод Бубнова – Галеркина позволяет представить искомые перемещения в виде разложения в ряды по системе базисных функций:

$$u_{\beta}^k = \sum_{m,n} \Psi_{\beta mn}^k(x, \varphi) T_{\beta mn}^k(t), \quad w_k = \sum_{m,n} \Psi_{\alpha mn}^k(x, \varphi) T_{\alpha mn}^k(t). \quad (2)$$

Представим искомые функции времени $T_{lmn}(t)$ в виде разложения в конечный ряд по системе собственных ортонормированных функций:

$$T_{lmn} = \sum_{i=1}^6 \delta_{lmni} \zeta_{mni},$$

где δ_{lmni} – коэффициенты форм.

Подставляя это выражение в (2) и используя свойство ортогональности собственных форм колебаний, приходим к шести независимым уравнениям относительно собственных функций времени ζ_{mni} (для каждого m и n):

$$\zeta_{mni}(t) = A_{mni} \cos(\omega_{mni} t) + B_{mni} \sin(\omega_{mni} t) + \frac{\bar{q}_{mni}}{\omega_{mni}} \int_0^t \sin(\omega_{mni}(t-\tau)) \bar{T}_i(\tau) d\tau. \quad (3)$$

где \bar{q}_{mni} – компоненты приведенной нагрузки (силовой или тепловой).

После решения уравнений (3) искомые перемещения представляются в виде сумм произведений ζ_{mni} на соответствующие коэффициенты и исходные координатные функции (2).

Таким образом, построена механико-математическая модель динамического деформирования трехслойной цилиндрической оболочки, наполненной упругой средой. Получены решения задач о собственных и вынужденных колебаниях. Установлено, что упругая среда увеличивает не все частоты собственных колебаний, а лишь соответствующие тем направлениям, вдоль которых упругая среда оказывает сопротивление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Плескачевский, Ю. М. Механика трехслойных стержней и пластин, связанных с упругим основанием / Ю. М. Плескачевский, Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 560 с.

УДК 656.211.5 (476) (03)

✓ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ВОКЗАЛЫ БЕЛАРУСИ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ

И. Г. МАЛКОВ, М. М. ВЛАСЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. И. ИСАЧЕНКО

Гомельская дистанция гражданских сооружений, Республика Беларусь

Первым белорусским городом с железнодорожным движением стал Гродно. Первая линия Поперечье-Гродно начала действовать еще в 1862 году как часть Петербургско-Варшавской железной дороги. Но официальным днем рождения Белорусской железной дороги считается ноябрь 1871 года, когда в эксплуатацию вступила ее главная магистраль Смоленск – Орша – Минск – Брест. В 1866–1868 гг. Строится Рига-Орловская железная дорога (через Полоцк, Витебск на Смоленск), в 1871 г. – Московско-Варшавская (через Оршу, Минск, Брест), в 1873–1879 гг. – Либаво-Роменская (через Вильно, Минск, Гомель), в 1882–1884 гг. – Вильно-Ровенская, Полесские железные дороги, а в начале XX в. в Беларуси сформировалась мощная коммуникационная структура новейшего вида транспорта.

Первые железнодорожные вокзалы, возведенные одновременно со строительством дорог, отвечали минимальным требованиям удобств обслуживания пассажиров и в последствии были перестроены.

Архитектура белорусских вокзалов второй половины XIX – начала XX в. развивалась под влиянием трех стилистических направлений: эклектики, национально-романтического стиля (главным образом псевдорусского) и рационализма. Характерным было создание ярких, запоминающихся архитектурных образов, «работающих» как со стороны железных дорог, так и привокзальных площадей.

В облике белорусских вокзалов второй половины XIX – начала XX в. проявились черты новой архитектуры, исыры – рационализма. Световые фонари («второй свет»), традиционные для промышленной архитектуры, использованы при возведении могилевского и гомельского вокзалов. Мы и сейчас можем видеть световой фо-