

где $M(x)$, $H(x)$, $Q(x)$ – суммарные внутренние моменты и сила в поперечном сечении стержня. Численная реализация полученных аналитических решений проведена для трехслойного стержня с материалами слоев Д16Т – фторопласт – Д16Т. Построены кривые изменения перемещений при действии указанных видов внешних нагрузок в зависимости от жесткости упругого основания, геометрических и механических параметров слоев стержня.

Таким образом, полученные решения позволяют описывать деформированное состояние упругого трехслойного стержня с жестким наполнителем, покоящимся на упругом основании, при действии локальных поверхностных нагрузок и сосредоточенных сил. Для любых сочетаний из этих усилий соответствующие решения могут быть получены комбинацией приведенных решений.

УДК 539.3

КОЛЕБАНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН ПРИ ЛОКАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Э. И. СТАРОВОЙТОВ

Белорусский государственный университет транспорта

А. Г. ГОРШКОВ, Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ

Московский авиационный институт (технический университет)

Направления развития современной техники связаны с созданием новых конструкций, отвечающих требованиям надежности, безопасности и экономичности. Наиболее острыми эти проблемы становятся в случае воздействия импульсных нагрузок. В данной работе рассмотрим осесимметричные поперечные колебания несимметричной по толщине трехслойной пластины круговой под действием импульсной нагрузки.

Постановка задачи и ее решение проводятся в цилиндрической системе координат, связанной со срединной поверхностью наполнителя. Для изотропных несущих слоев приняты гипотезы Кирхгофа. Наполнитель считаем легким, т. е. пренебрегаем его работой в тангенциальном направлении. Внешняя вертикальная нагрузка не зависит от координаты ϕ : $q = q(r, t)$. На жестко заделанном или шарнирно опертом контуре пластины предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев. В силу симметрии задачи искомое решение не зависит от координаты ϕ . Все перемещения и линейные размеры пластины отнесены к ее радиусу r_0 .

При описании вынужденных колебаний рассматриваемой пластины внешняя нагрузка $q(r, t)$ и искомый прогиб $w(r, t)$ представляются в виде следующих разложений в ряд по системе собственных ортонормированных функций $v_n \equiv v(\beta_n, r)$ [4]:

$$q(r, t) = M \sum_{n=0}^{\infty} v_n q_n(t), \quad w(r, t) = \sum_{n=0}^{\infty} v_n T_n(t), \quad v_n \equiv \frac{1}{d_n} \left[J_0(\beta_n r) - \frac{J_0(\beta_n)}{I_0(\beta_n)} I_0(\beta_n r) \right]. \quad (1)$$

Здесь

$$q_n(t) = \frac{1}{M} \int_0^1 q(r, t) v_n r dr, \quad \int_0^1 v_m v_n r dr = \begin{cases} 1, & m = n \\ 0, & m \neq n \end{cases}. \quad (2)$$

Функция $T_n(t)$ в этом случае будет следующей:

$$T_n(t) = A_n \cos \omega_n t + B_n \sin \omega_n t + \frac{1}{\omega_n} \int_0^t \sin \omega_n(t - \tau) q_n(\tau) d\tau, \quad (3)$$

где ω_n – частота собственных колебаний.

Для удобства представления нагрузки воспользуемся системой функций Хевисайда H_n и функцией Дирака $\delta(t)$, которую формально можно рассматривать как производную ступенчатой функции Хевисайда $H_0(t)$:

$$H_n(x) = \begin{cases} \frac{x^n}{n!}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (n = 0, 1, 2, \dots), \quad \int_a^b f(\tau) \delta(\tau - x) d\tau = \begin{cases} f(x), & a \leq x \leq b \\ 0, & x < a, x > b \end{cases}$$

Рассмотрим случай внешней нагрузки, когда в начальный момент времени ($t = 0$) на поверхность пластины, ограниченную радиусом b , воздействует мгновенный равномерно распределенный импульс $q(r, t) = q_1 \delta(t) H_0(b - r)$. Тогда

$$q_n(t) = \frac{q_1 \delta(t) b}{M_0 d_n \beta_n} \left(J_1(\beta_n b) - \frac{J_0(\beta_n)}{I_0(\beta_n)} I_1(\beta_n b) \right)$$

Подставляя это выражение в формулу (3), получаем

$$T_n(t) = A_n \cos \omega_n t + B_n \sin \omega_n t + \frac{q_1 b \sin(\omega_n t)}{M_0 d_n \beta_n \omega_n} \left(J_1(\beta_n b) - \frac{J_0(\beta_n)}{I_0(\beta_n)} I_1(\beta_n b) \right)$$

Следовательно, в работе получены решения, описывающие поперечные колебания круглой трехслойной пластины, возбужденные в начальный момент времени локальным импульсом давления.

УДК 624.012.45

ОЦЕНКА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОБНЫХ НАГРУЗОК

М. СЫЧЕВСКИЙ

Белостокский политехнический институт

Изгибаемые сборные железобетонные элементы периодически подвергаются испытаниям несущей способности вплоть до разрушения. Испытания считают как проверку качества продукции и проводят на заводах сборных железобетонных конструкций.

Оценка несущей способности бывает затруднительной в существующих железобетонных конструкциях в случае отсутствия технической документации, а также если на основе анализа и проверки качества составных материалов не получаем однозначных результатов. Определение прочностных и эксплуатационных характеристик требуется также в существующих объектах в случае изменения технологического процесса или потребности увеличения полезной нагрузки, а также в новостроенных зданиях, в которых на этапе реализации пополнились ошибки или применены материалы с иными техническими характеристиками по сравнению с проектными. Формальная техническая характеристика таких конструкций или элементов может быть основой положительной оценки демонтажа или применения косвенных усиливающих конструкций. Усиление конструкции может быть затруднительно в её реализации, а иногда дорогостояще. В таких случаях во многих странах применяются пробные или испытательные нагрузки.

В статье представлены методы применения пробных нагрузок железобетонных элементов и конструкций гражданского промышленного и сельскохозяйственного строительства в Польше.

Польская норма PN-56/B-03260 (установленная в 1956 году), относящаяся к статическим расчётам и проектированию железобетонных конструкций, предлагала применять пробную нагрузку в случаях, когда не было возможности определять безопасность конструкций теоретическими методами. Пробную нагрузку монолитных железобетонных конструкций рекомендуется проводить не раньше, чем через 42 дня от демонтажа опалубки. В норме определены условия проведения пробной нагрузки и оценки результатов испытаний. Постоянную нагрузку составляет собственный вес элементов и пополнение нагрузки в случаях, когда кроме собственного веса имеются другие виды постоянной нагрузки. Величину пробной нагрузки определяют в зависимости от величины расчётной полезной нагрузки согласно таблице 1.