

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

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.

Таблица 1

Полезная нагрузка q , кН/м ²	$q < 7,00$	$q = 7,00 \dots 10,00$	$q > 10,00$
Пробная нагрузка, кН/м ²	$1,4 q$	10,00	q

Длительность действия пробной нагрузки равна 6 часов. После измерения суммарного прогиба и снятия нагрузки через 6 часов измеряют постоянный прогиб. Удовлетворительный результат пробных испытаний считается, когда соотношение прогиба постоянного к прогибу суммарному не превышает значений, приведенных в таблице 2. Процедура проведения пробных нагрузок и оценки результатов была проста и несложна в её реализации.

Таблица 2

Соотношение суммарного прогиба к пролёту элемента	0,001	0,0005	0,00033	0,00025
Соотношение прогибов: постоянного к суммарному	0,25	0,30	0,35	0,40

Конечно, не всегда результаты пробных нагрузок бывают положительными. Основным недостатком нормы PN-56/B-03260, по отношению к пробным испытаниям, было то, что в норме рассматривались испытания только изгибаемых элементов, а не учитывались другие виды нагрузок.

Поочередные нормы, относящиеся к проектированию железобетонных конструкций, были установлены в 1976, 1984, 1999, 2002 годах. Во всех этих нормах нет информации о возможности применения пробных нагрузок и способе оценки предельного состояния строительных железобетонных конструкций. В 1997 году в ИТВ (Институт строительной техники) в Варшаве были разработаны методика проведения пробных нагрузок и критерии оценки их результатов.

Пробные нагрузки разделяются на три группы: А, В, С. К группе А относятся испытания элементов и конструкций, в которых проверяется правильность их реализации согласно с проектом. Главными факторами оценки являются прогибы конструкции в сравнении с проектными допустимыми, а также трещиностойкость и упругие деформации определены на основе остаточных прогибов, вызванных суммарной нагрузкой. Остаточный прогиб принимается как упругое последствие, которое через длительное время затухает. Незатухаемые остаточные прогибы являются основой отрицательной оценки результатов испытаний. Нагрузку элементов группы А принимают в виде

$$S_{Тк} + Q_k, \quad (1)$$

где $S_{Тк}$ – нормативная постоянная нагрузка; Q_k – нормативная полезная нагрузка.

Положительную оценку определяют на основе отсутствия широко раскрытых трещин и исполнения условия прогиба в виде

$$Y_o \leq Y_{adm}, \quad (2)$$

где Y_o – суммарный прогиб; Y_{adm} – допустимый прогиб.

При оценке результатов можно также учитывать остаточные прогибы $Y_i \leq 0,15 Y_o$ (для железобетонных элементов) или $Y_i \leq 0,10 Y_o$ (для преднапряжённых).

Испытания элементов группы В проводят с целью проверки безопасной нагрузки, связанной с эксплуатацией объекта. Такие испытания проводятся в случае отсутствия технической документации или технических характеристик материалов. Состояние конструкций определяют на основе допустимого прогиба и раскрытия трещин. Нагрузку принимают в виде

$$S_{Тк} + Q_d, \quad (3)$$

где Q_d – расчётная полезная нагрузка.

Положительный результат определяют на основе прогиба, удовлетворяющего следующим условиям:

$$Y_i \leq 0,25 Y_o \text{ (железобетонные элементы)}, \quad (4)$$

$$Y_i \leq 0,15 Y_o \text{ (напряжённые элементы)}.$$

В группе С несущую способность конструкции определяют на основе относительных деформаций, учитывая предел пластичности стали или прочность бетона. Эти характеристики определяются на основе измеряемых деформаций бетона и стали. Метод С применяется при разных видах нагру-

зок (не только изгиб). Положительную оценку результатов испытаний получают в пределах упругих деформаций.

Величину нагрузок в пробных испытаниях, длительность действия нагрузок, сроки измерения прогибов, критерии оценки результатов испытаний, применяемые в разных странах, отличаются друг от друга.

В большинстве стран методика испытания железобетонных элементов и конструкций под действием пробной нагрузки, оценка результатов испытаний помещены в нормах проектирования железобетонных конструкций.

Автором были проведены испытания ряда железобетонных и преднапряжённых элементов под пробной нагрузкой, таких как лестницы, подкрановые балки, часторебристые перекрытия и др. На основе этих испытаний можно констатировать, что многие, особенно монолитные изгибающие железобетонные элементы, имеют запас прочности по сравнению с расчётными характеристиками. В ряде случаев применение пробных нагрузок конструкций и элементов является целесообразным, поскольку его осуществление и оценка результатов научно обоснованы. На основе результатов пробных испытаний можно определить несущую способность элементов и эксплуатационную безопасность конструкции зданий и сооружений.

УДК 699.86:678.643.42.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЛИВОЧНЫХ ЭПОКСИДНЫХ ПЕНОПЛАСТОВ

А. Г. ТАШКИНОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Исследовались эпоксидные пенопласты, получаемые перемешиванием эпоксидных смол с отвердителем – алифатическим полиамином и газообразователем – полиорганосилоксаном, содержащим активный атом водорода. Количество газообразователя и отвердителя варьировалось в пределах 10 – 20 % от массы эпоксидной смолы. Средняя плотность пенопластов (пеноэпоксидов) на смоле ЭД-20 изменяется при этом от 130 до 260 кг/м³, а прочность при сжатии – от 0,2 до 1,4 МПа. Пенопласты на смоле ЭД-16 более плотные (210 – 370 кг/м³), и, соответственно, более прочные (0,7 – 5,0 МПа).

Хотя полученные абсолютные значения плотности и прочности различные, но характер изменения этих параметров в обоих случаях почти одинаковый. При 10 %-ном содержании отвердителя увеличение расхода газообразователя свыше 15 % приводит к получению материала с неоднородной структурой, низкой прочностью и большим водопоглощением, которое за 3 месяца достигает 32 % по объему. Оптимальное соотношение газообразователя и отвердителя, обеспечивающее максимальное газовыделение, составляет 1:1,5 – 1:2 по массе. Меняя содержание газообразователя и отвердителя во вспениваемой композиции, можно изменять объем выделяющегося газа и скорость отверждения пеномассы, а следовательно, и свойства получаемых пеноэпоксидов. Высокие физико-механические показатели пенопластов с мелкопористой равномерной структурой получаются при большой скорости гелеобразования. Быстрая фиксация ячеистой структуры приводит к тому, что относительно толстые и прочные перегородки препятствуют раскрытию ячеек.

Изменяя расход газообразователя в пределах от 2,5 до 25 % и отвердителя от 15 до 20 % от массы смолы ЭД-20, удалось получить пенопласты равномерной структуры со средней плотностью 97 – 350 кг/м³ и прочностью при сжатии 0,4 – 9,4 МПа. От расхода отвердителя оба параметра практически не зависят. Полную прочность образцы набирают в течение двух недель при комнатной температуре. Прочность при изгибе образцов с плотностью 140 – 350 кг/м³ составляет 1,4 – 6,8 МПа, модуль упругости при сжатии 69 – 344 МПа.

Испытания образцов на прочность производились не только в направлении вспенивания, как предусматривают нормы, но и в перпендикулярном направлении. Это позволило количественно оценить анизотропию свойств пеноэпоксидов в широком диапазоне плотностей. Прочность и упругость пенопластов в направлении вспенивания более высокие, что объясняется вытянутостью ячеек в этом направлении. Чем больше пористость пеноэпоксидов, тем значительнее анизотропия свойств.