

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПЛАСТИНОК ИЗ НЕЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНОЙ НАГРУЗКИ И КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ

В работе приведены результаты исследований авторов в области расчета долговечности нелинейно-деформируемых пластинок при действии поперечной нагрузки и агрессивных эксплуатационных сред, вызывающих появление наведенной и развивающейся неоднородности. Получены инкрементальные уравнения изгиба пластинки, работающей в агрессивной эксплуатационной среде. Разработан алгоритм определения долговечности конструкции, не требующий описания экспериментальной кривой деформирования аналитическими выражениями. На основе разработанного алгоритма расчета пластинок выполнены численные эксперименты. Приведенные расчетные схемы, методы и алгоритмы могут быть применены для расчета плит из материалов, поведение которых феноменологически сходно с рассмотренным.

По данным многолетних исследований ученых воздействие агрессивной эксплуатационной среды приводит к значительным изменениям деформационно-прочностных свойств материала пораженной зоны конструкции (Петров и др., 1987; Наумова, 2000; Овчинников, 2000). Совместное влияние нагрузок и коррозионных сред приводит к накоплению повреждений в материале конструкций и сокращению их нормативного срока службы.

Финансовые потери от коррозии не ограничиваются стоимостью затрат на ремонтно-восстановительные работы и соизмеримы с 10% национального дохода. Ежегодные потери только в США составляют более 100 млрд. долларов (Карнаушкин и др., 2006).

Изменения свойств материала конструкции носят необратимый характер и зависят от условий деформирования и взаимодействия со средой (Деревянкина, 1989; Овчинников, 2000). Концентрация рабочей среды в материале является одним из главных факторов, влияющих на работоспособность инженерных конструкций. Под рабочими средами понимаем среды природного и техногенного характера, которые ухудшают прочностные свойства материала и приводят к накоплению необратимых рассеянных повреждений. Это, в свою очередь, приводит к тому, что прочностные и деформационные характеристики материала со временем изменяются вдоль пространственных координат. Такую неоднородность называют также наведенной, а время от начала эксплуатации до наступления опасного состояния долговечностью конструкции (Петров и др., 1996). За опасное состояние принимаем момент достижения в любой точке пластинки параметра используемой теории прочности, временному пределу прочности $\sigma_c(t)$.

Расчет напряженно-деформированного состояния и оценка долговечности конструкций в таких условиях эксплуатации представляет собой весьма трудоемкую задачу. Эта проблема рассмотрена в большом числе работ и публикаций, например (Акимов, 1953; Карпенко, 1963; Долинский и др., 1985), но до настоящего времени общего метода расчета долговечности конструкций с учетом воздействия рабочей среды не существует. На большую сложность и невозможность создания универсальной математической модели указывают многие авторы (Овчинников, Дядькин, 2005). Известные нам методики основаны на различных экспериментальных данных, а выводы часто противоречат.

Объясняется это малой изученностью данной проблемы, отсутствием специально проведенных экспериментальных исследований, направленных на получение тех характеристик, которые используются при расчетах на прочность.

Одна из методик создания частных моделей изгиба пластинок из нелинейно деформируемого материала с учетом влияния концентрации агрессивной среды в материале для пар «материал-среда» представлена в работах саратовской школы механиков (Петров, 2005).

Рассмотрим применение этой модели на примере задачи определения долговечности пластинки, изгибаемой в агрессивной рабочей среде, которая действует на пластинку с двух сторон (Рис. 1). $B_0 = const$ – концентрация рабочей среды на поверхности материала, $\delta(t)$ – глубина проникновения агрессивной среды в толщу материала, q – интенсивность поперечной нагрузки, $B(z)$ – концентрация агрессивной среды в произвольной точке материала пластинки, Δz – шаг проникновения агрессивной среды в толщу материала, h – толщина пластинки. Диапазон применимости модели – до наступления опасного состояния.

Следуя идее метода последовательных возмущений параметров (Петров, 2004), нагрузку прикладываем последовательными малыми приращениями Δq , а воздействие рабочей среды оцениваем последовательным движением фронта повреждения в толщу материала шагами, равными Δz .

Используем феноменологический подход (Новожилов, 1975), который предполагает обязательное наличие результатов серий экспериментов. Считаем в дальнейшем кривую деформирования $\sigma - \epsilon$ интегральной характеристикой свойств материала, отражающей процессы деградации в агрессивной среде. Изменения этой диаграммы вследствие влияния среды дают достаточно полную информацию о деградиационных процессах в материале.

При построении кривых деформирования образцов материала, различное время взаимодействующих с агрессивной средой, использована методика, предложенная в работе (Селяев, 2006). Некоторые результаты испытаний эпоксидного композита в жидкой среде 20% едкого натра представлены на Рис. 3.

В результате обработки экспериментальных данных была получена деградиационная функция $F(B)$ (Рис. 4). С ее помощью в дальнейшем учитывается влияние величины концентрации рабочей среды на долговечность материалов.

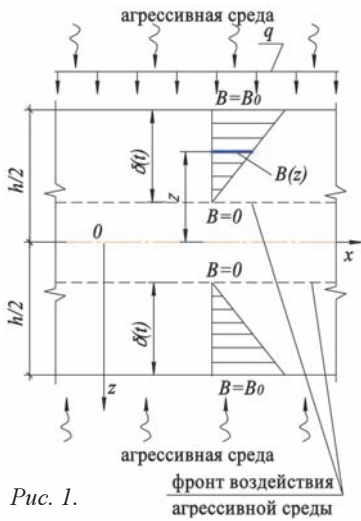


Рис. 1.

Такая информация позволяет математически описать результаты экспериментов, создать математические модели взаимодействия конструктивных элементов с агрессивной рабочей средой и получить инкрементальные физические уравнения механики сплошной деградирующей среды.

Полагаем, что прогибы пластинок малы по сравнению с их толщиной и справедлива гипотеза прямых нормалей Кирхгофа. Материал считаем нелинейно-упругим и несжимаемым с коэффициентом Пуассона, равным $\mu = 0,5$. Запишем следующее физическое уравнение:

$$D_{\sigma} = 2/3 E_c^* D_{\varepsilon}, \quad (1)$$

где D_{σ} – девиатор напряжений, D_{ε} – девиатор деформаций, E_c^* – переменный секущий модуль, учитывающий уровень концентрации агрессивной среды. $E_c^* = F(B) \sigma_i / \varepsilon_i$, σ_i – интенсивность напряжений, ε_i – интенсивность деформаций, $F(B)$ – функция деградации секущего модуля.

Изменение концентрации агрессивной среды по толщине поврежденного слоя определяется из решения уравнения массопереноса, но ввиду малости толщины поврежденного слоя полагаем, что концентрация агрессивной среды изменяется по закону треугольника (Рис. 2), хотя это и не имеет принципиального значения. Очевидно, что при этом получается решение с запасом долговечности.

Физические соотношения в инкрементальной форме имеют вид (Петров, 2005):

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_x &= \frac{4}{3} E_k^* \left(\Delta\varepsilon_x + \frac{1}{2} \Delta\varepsilon_y \right) + \frac{4}{3} \left(\varepsilon_x + \frac{1}{2} \varepsilon_y \right) \frac{\partial E_c^*}{\partial B} \Delta B; \\ \Delta\sigma_y &= \frac{4}{3} E_k^* \left(\Delta\varepsilon_y + \frac{1}{2} \Delta\varepsilon_x \right) + \frac{4}{3} \left(\varepsilon_y + \frac{1}{2} \varepsilon_x \right) \frac{\partial E_c^*}{\partial B} \Delta B; \\ \Delta\tau_{xy} &= \frac{1}{3} E_k^* \Delta\gamma_{xy} + \frac{1}{3} \gamma_{xy} \frac{\partial E_c^*}{\partial B} \Delta B, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y, \Delta\tau_{xy}$ – приращения нормальных и касательных напряжений, $\Delta\varepsilon_x, \Delta\varepsilon_y, \Delta\gamma_{xy}$ – приращение линейных и угловых деформаций, $E_k^* = d\sigma_i / d\varepsilon_i$ – касательный модуль, ΔB – приращение концентрации агрессивной среды.

Запишем компоненты тензора деформаций в срединной плоскости пластинки через прогиб W , а приращения тензора деформаций соответственно через приращение прогиба Δw :

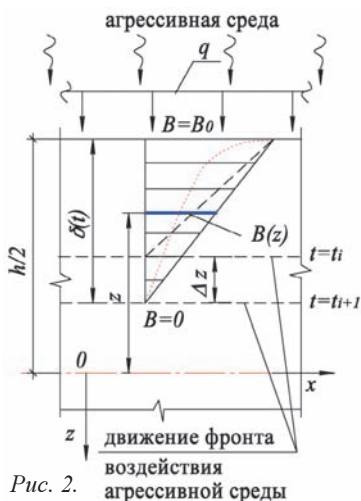


Рис. 2.

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= -z \frac{\partial^2 W}{\partial x^2}; \quad \varepsilon_y = -z \frac{\partial^2 W}{\partial y^2}; \quad \gamma_{xy} = -2z \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}; \\ \Delta\varepsilon_x &= -z \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2}; \quad \Delta\varepsilon_y = -z \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2}; \quad \Delta\gamma_{xy} = -2z \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x \partial y}; \end{aligned} \quad (3)$$

Инкрементальное уравнение равновесия элемента срединной плоскости пластинки имеет вид:

$$\frac{\partial^2 \Delta M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 \Delta M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 \Delta M_y}{\partial y^2} = -\Delta q(x, y), \quad (4)$$

где $\Delta M_x, \Delta M_y, \Delta M_{xy}$ – приращения изгибающих и крутящего моментов, для которых справедливы формулы:

$$\begin{aligned} \Delta M_x &= \int_{-h/2}^{h/2} \Delta\sigma_x z dz; \quad \Delta M_y = \\ &= \int_{-h/2}^{h/2} \Delta\sigma_y z dz; \quad \Delta M_{xy} = \int_{-h/2}^{h/2} \Delta\tau_{xy} z dz, \end{aligned} \quad (5)$$

Переписав (5) с учетом (2, 3), получим следующие выражения для приращений изгибающих моментов:

$$\begin{aligned} \Delta M_x &= - \left(\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2} \right) I_k^* - \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right) I_c^*; \\ \Delta M_y &= - \left(\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2} \right) I_k^* - \left(\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right) I_c^*; \\ \Delta M_{xy} &= - \frac{1}{2} \left\{ \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x \partial y} I_k^* + \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} I_c^* \right\}. \end{aligned} \quad (6)$$

где введены обозначения переменных жесткостей:

$$I_k^* = \frac{4}{3} \int_{-h/2}^{h/2} E_k^* z^2 dz; \quad I_c^* = \frac{4}{3} \int_{-h/2}^{h/2} \frac{\partial E_c^*}{\partial B} \Delta B z^2 dz. \quad (7)$$

Подставляя (6) в уравнение равновесия (4), получим основное инкрементальное уравнение изгиба пластинки с учетом воздействия агрессивной внешней среды

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[\left(\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2} \right) I_k^* \right] + \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left[\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x \partial y} I_k^* \right] + \\ + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[\left(\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2} \right) I_k^* \right] = \Delta q - \Delta q^{\phi}, \end{aligned} \quad (8)$$

где Δq^{ϕ} – «фиктивная» нагрузка, отражающая влияние агрессивной среды:

$$\begin{aligned} \Delta q^{\phi} &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[\left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right) I_c^* \right] - \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} I_c^* \right] - \\ &- \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[\left(\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right) I_c^* \right]. \end{aligned} \quad (9)$$

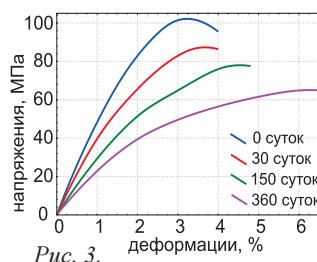


Рис. 3.

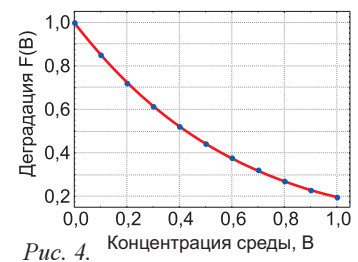


Рис. 4.

На контуре пластинки необходимо сформулировать по два граничных условия, выраженных через прогиб W и приращения прогиба Δw .

В поврежденной зоне материала модули E_c^* и E_k^* изменятся от своих начальных значений на границе фронта деградации до наименьшего (на поверхности образца). Для учета деградации свойств материала выражения секущего и касательного модулей принимаем в виде:

$$E_c^* = E_c^{(0)}F(B); E_k^* = E_k^{(0)}F(B). \quad (10)$$

По результатам экспериментальных исследований полимербетона, оказалось, что функцию деградации можно записать в виде (Селяев, 2006)

$$F(B) = \exp(-\lambda B(z)), \quad (11)$$

где λ – экспериментальный коэффициент, характеризующий степень деградации секущего и касательного модулей материала. Запись $F(B)$ в виде (11) не имеет принципиального значения для использования в предлагаемом алгоритме и в зависимости от материала может иметь другой вид.

Производная от секущего модуля, в подынтегральном выражении (7), имеет следующий вид:

$$\frac{\partial E_c^*}{\partial B} = E_c^{(0)} \frac{\partial F}{\partial B} = -E_c^{(0)}(\varepsilon_i) \lambda \exp(-\lambda B). \quad (12)$$

Из выражений (10), (12) видно, что эти характеристики можно вычислить, если известна интенсивность деформаций, коэффициент λ и $B(z)$.

Обычно аппроксимирующую функцию, описывающую кривую деформирования, выбирают в виде аналитического выражения. Критерием выбора были простота и возможность дифференцирования, так как в дальнейших расчетах используются переменные секущий и касательный модули в соответствии с (10).

С развитием компьютерной техники возможен альтернативный способ организации численного массива информации, заменяющего аналитические аппроксимирующие функции при реализации уравнений (8) сеточными методами. Метод приведен в Табл. 1 и предполагает дискретный способ вычислений, удобно реализуемый на ЭВМ.

В процессе численной реализации происходит многократное обращение программы к этому массиву информации. В выполненных авторами вычислительных экспериментах сеточным методом на сетке 16·16 при реализации только одного сценария поведения пластинки максимальное ко-

Шаг	Параметр	Формула	Краткое описание
1	σ_s, ε_s	–	Фиксируем экспериментальные данные напряжений и деформаций
2	σ_i, ε_i	–	Сглаживаем данные при помощи метода наименьших квадратов и получаем экспериментальную кривую деформирования произвольного вида
3	$\sigma_n, \varepsilon_n, N$	–	Формируем таблицу из численных пар значений $\varepsilon_n - \sigma_n$ с шагом $D = \varepsilon_{\max} / N_{\text{массива}}$, где $N_{\text{массива}}$ – количество столбцов и записываем в соответствующую ячейку таблицы
4	E_c	$E_c = \sigma_n / \varepsilon_n$	Вычисляем секущий модуль для каждого столбца
5	$\Delta \sigma_n$	$\Delta \sigma_n = \sigma_{n+1} - \sigma_n$	Производим расчет приращения напряжений
6	$\Delta \varepsilon_n$	$\Delta \varepsilon_n = \varepsilon_{n+1} - \varepsilon_n$	Вычисляем приращения деформаций
7	E_k	$E_k = \Delta \sigma_n / \Delta \varepsilon_n$	Вычисляем касательный модуль для каждого столбца

Табл. 1.

Данные	Порядковые номера ячеек					
	1	2	3	4	...	N
ε_n	0	0.0001	0.0002	0.0003	...	3
σ_n	0	0.005395	0.010790	0.016184	...	102
E_c	0	0	53.94944	53.94832	...	34
$\Delta \varepsilon_n$	0	0.005395	0.005395	0.005394	...	0.001090
$\Delta \sigma_n$	0	0.0001	0.0001	0.0001	...	0.0001
E_k	0	0.018536	0.018536	0.018539	...	0.091743

Табл. 2.

личество обращений к массиву составляло до 2,36 млн. раз. Поэтому для оптимизации времени вычислений отказываемся от полного перебора массива и запишем формулу определения порядкового номера ячейки численного массива в виде для поиска значений в ячейке по N.

$$N = \text{round} \left(\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_{\max}} \times N_{\text{массива}} + 1 \right). \quad (13)$$

В таблице 2 приведена сокращенная запись численного массива информации, заменяющего кривую деформирования эпоксидного полимербетона, изображенную на Рис. 3 (0 суток). В данном случае $N_{\text{массива}} = 10000$. В зависимости от требуемой точности вычислений $N_{\text{массива}}$ может быть изменено в большую или меньшую сторону.

Сформировав таблицу 1, мы располагаем численным массивом информации, необходимым для проведения расчетов, обойдя все возможные проблемы, возникающие при выборе аппроксимирующей функции, ее адекватности при описании процессов и дифференцировании.

Метод конечных разностей предполагает следующий алгоритм действий. Пластинку разобьем вдоль оси x на m, а вдоль оси y на n участков. Таким образом, каждый узел сетки будет иметь свой индекс mn.

Для определения деформации в mn-ом узле сетки пластинки с учетом (3) имеем выражение:

$$\varepsilon_{i,mn} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_x \varepsilon_y + \frac{1}{4} \gamma_{xy}^2} = \frac{2}{\sqrt{3}} z R(W), \quad (14)$$

где принято следующее обозначение выражения, не содержащего переменной z

$$R(W) = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial^2 W_{mn}}{\partial x^2} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 W_{mn}}{\partial y^2} \right)^2 + \frac{\partial^2 W_{mn}}{\partial x^2} \frac{\partial^2 W_{mn}}{\partial y^2} + \left(\frac{\partial^2 W_{mn}}{\partial x \partial y} \right)^2 \right]} \quad (15)$$

Это выражение известно для каждого из узлов, так как суммарный прогиб пластинки мы определили на предыдущих ступенях нагружения.

Разобьем толщину пластинки вдоль оси z на s участков. Для каждого из значений z_s по формуле (14) можно подсчитать величину $\varepsilon_{i,mn,s}$ и из табл. 1 определить касательный $E_k^{(0)}(x_m, y_n, z_s)$ и секущий $E_c^{(0)}(x_m, y_n, z_s)$ модули, соответствующие этой интенсивности деформаций. После этого по формуле (15) можно подсчитать dE_c^*/dB в этой же точке. Умножая полученные характеристики на z_s^2 , вычисляем подынтегральные выражения в (7).

Последовательно изменяя величину z_p , определим ординаты эпюры подынтегрального выражения (7). Так как этот интеграл определенный, то значение интеграла равно площади эпюры подынтегрального выражения.

Повторяя алгоритм вычислений для всех других узлов, получим эпюру изменения жесткости вдоль осей x и y .

Теперь для каждой ступени нагружения Δq или приращения параметра проникновения среды Δz необходимо решить уравнение Софи Жермен любым численным методом.

Численная реализация уравнения (8) производится в два этапа. На первом из них производится пошаговое нагружение пластинки до заданного уровня нагрузки. При этом последовательно решаем уравнения вида:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[\left(\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2} \right) I_k^* \right] + \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left[\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x \partial y} I_k^* \right] + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[\left(\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2} \right) I_k^* \right] = \Delta q, \quad (16)$$

На втором этапе производим расчет по деформированной схеме от достигнутого уровня нагружения нагрузкой. При последовательном возрастании толщины поврежденного слоя прогиб пластинки растет, меняется ее НДС. На этом этапе последовательными шагами решается уравнение:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[\left(\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2} \right) I_k^* \right] + \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left[\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x \partial y} I_k^* \right] + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[\left(\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2} \right) I_k^* \right] = -\Delta q^\phi. \quad (17)$$

На каждом шаге задаем малое приращение нагрузки или малое приращение толщины поврежденного слоя и решаем линейную задачу при известных накопленных за предыдущие шаги параметров НДС пластины. Полное решение задачи по всем параметрам НДС пластин для заданного уровня воздействий получается как сумма решений на отдельных этапах.

Рассмотрим квадратную пластинку с габаритами: $a=b=2(m)$, $h=0,15a=0,3(m)$. Материал – эпоксидный бетон, имеющий семейство диаграмм деформирования материала, представленного на Рис. 3. Агрессивная рабочая среда – жидкий раствор 20 % едкого натра. Пластинка шарнирно оперта по всему контуру. Для исследования поведения конструктивного материала используем различные функции деградации, 30 %, 50 % и 70 % (графики на Рис. 5).

Для решения нелинейного разрешающего уравнения (4) применим одношаговый метод последовательного возмущения параметров с шагом по нагрузке $\Delta q=0,1q_{max}$ и с шагом по величине проникновения агрессивной среды $\Delta z = h/256$. Движение фронта воздействия агрессивной среды определяется в виде $\delta(t) = \alpha t^{1/2}$, где $\alpha = 13,05$ мм/год –

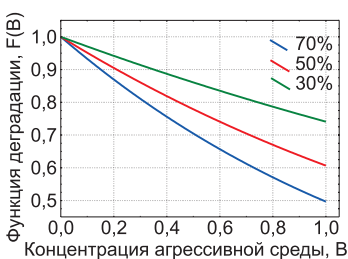


Рис. 5.

экспериментальный коэффициент. Исследована сходимость решения метода конечных разностей на сетках различной частоты. Удовлетворительная точность решения получается уже на сетке 16·16.

На рисунках 6 – 8 по-

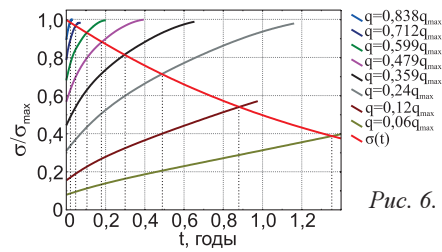


Рис. 6.

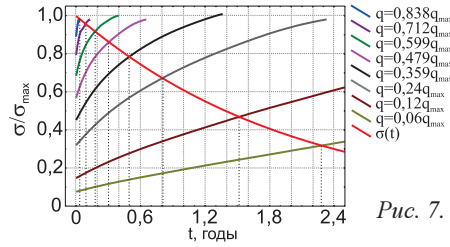


Рис. 7.

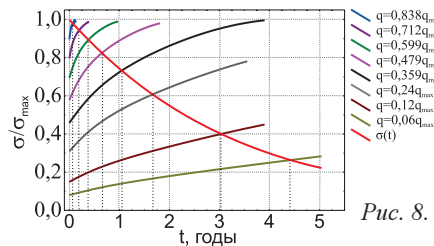


Рис. 8.

казано изменение максимальных напряжений при нагружении пластинки равномерно распределенным давлением q разного уровня с последующим воздействием агрессивной среды. Нисходящие кривые описывают уменьшение временного сопротивления материала под действием агрессивной среды и отличаются величиной параметра λ . Исследовано поведение материалов при деградации материала 30% (Рис. 6), 50% (Рис. 7) и 70% (Рис. 8).

Точки пересечения восходящих и нисходящих кривых характеризуют наступление опасного состояния, а проекция точки пересечения на ось времени определяет долговечность конструкции. На рис. 9 показаны зависимости долговечности от величины напряжений при различных параметрах λ .

Таким образом, на основе метода последовательного возмущения параметров и метода конечных разностей разработан эффективный алгоритм расчета нелинейно-упругих пластин, эксплуатирующихся в агрессивных средах. Алгоритм учета произвольной диаграммы деформирования материала гибок, экономичен и учитывает специфику полученных экспериментальных данных.

Предложенная расчетная модель позволяет анализировать напряженно-деформированное состояние изгибаемых плит с учетом повреждений, вызванных агрессивной средой. Особая значимость проблемы оценки прочности конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, заключается в оценке их ресурса безопасности, времени эксплуатации, сроков проведения мероприятий по их усилению. Полученные авторами результаты представляют лишь определенный вклад в процесс решения такой исключительно сложной проблемы.

Литература

Акимов Г.В. Основы учения о коррозии металлов. М-Л. Изд-во АН СССР. 1953.
 Деревянкина Е.Н. Учет влияния коррозионно-активной среды на долговечность полимерных конструкций. Прикладные проблемы прочности и устойчивости деформируемых систем в агрессивных средах. Саратов. 1989. 64-68.
 Долинский В.М., Сиротенко В.А., Черемская В.И. Изгиб труб под действием внешней агрессивной среды. Расчет элементов конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред. Саратов. 1985. 26-27.
 Карнаушкин Ю.В., Борисов Н.П., Петровский А.А. и др. О



Тематика: Соотношение между поверхностными и глубинными структурами земной коры и верхней мантии. Процессы в коре и верхней мантии, состояние и состав геосфер Земли. Крупномасштабные неоднородности литосферы регионов Евразии по геофизическим данным. Магматизм, металлогения и некоторые вопросы петрофизики. Современные геологические и геофизические процессы, сейсмичность на примере регионов. Большая радиальная флексура Полканова – тектоника, глубинное строение, палео- и современная геодинамика. Эволюция земной коры и минерагенический потенциал Евро-Арктического региона.

Заявки на участие и названия докладов принимаются до 25 апреля 2008 г., материалы докладов в электронном виде – до 1 июня. Адрес оргкомитета: Институт геологии Карельского НЦ РАН. 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
 Шаров Н.В. Тел.: (8142) 783471, e-mail: sharov@krc.karelia.ru
 Первунина А.В. тел.: (8142) 782753, aelita@krc.karelia.ru
 Шукин Ю.К. Тел.: (495) 939 79 52, schuk@idg.chph.ras.ru



**Дегазация Земли:
 геодинамика, геофлюиды, нефть, газ
 и их парагенезы**

Организаторы: Институт проблем нефти и газа РАН; Геологический институт РАН; Всероссийский научно-исследовательский геологический институт; Совет по наукам о Земле РАН

Тематика конференции: Энергетические и динамические факторы и структурно-тектонический контроль процессов глубинной дегазации. Геофлюиды, эволюция глубинных флюидных систем, связи с магматизмом и сейсмичностью. Углеводороды в составе глубинных флюидов, петрохимические и энергетические аспекты генерации и трансформации состава; эндогенные факторы полигенеза, критерии глубинности. Современная углеводородная дегазация, масштабы и формы проявления. Углеводородные флюиды в формировании скоплений углеводородов; локализованные потоки; каналы вторжения... и др.

Сбор заявок и материалов докладов до 3 стр. на русском или английском языках - до 25 февраля 2008 г. Оргкомитет: Москва 119991, ул. Губкина д. 3, ИПНГ РАН. E-mail: degaz@ogri.ru
 Тел.: 8-499-1355393; 8-495-4051121; Факс: 8-499-1355465.

роли общетехнических систем стандартов. www.Normdocs.ru.

Карпенко Г.В. *Прочность стали в коррозионной среде*. М. Киев. Машгиз. 1963.

Наумова Г.А. Анализ экспериментальных данных по кинетике коррозионных повреждений конструкций с защитными покрытиями. *Современные проблемы нелинейной механики конструкций, взаимодействующих с агрессивными средами*. Саратов. 2000. 76-83.

Новожилов В.В. О перспективах феноменологического подхода к проблеме разрушения. *Механика деформируемых твердых тел и конструкций*. М. Машиностроение. 1975. 349-353.

Овчинников И.Г. Развитие исследований по оценке прочности и долговечности конструкций, работающих в условиях воздействия агрессивных эксплуатационных сред. *Современные проблемы нелинейной механики конструкций, взаимодействующих с агрессивными средами: сб. трудов*. Саратов. 2000. 15-25.

Овчинников И.Г., Раткин В.В., Землянский А.А. *Моделирование поведения железобетонных элементов конструкций в условиях воздействия хлоридсодержащих сред*. Саратов. 2000.

Овчинников И.Г. Дядькин Н.С. Методы решения уравнений, описывающих проникание хлоридсодержащих сред в конструктивные элементы мостовых сооружений. *Проблемы прочности элементов конструкций под действием нагрузок и рабочих сред*. Саратов: Саратов. гос. ун-т. 2005. 54-61.

Петров В.В., Овчинников И.Г., Шихов Ю.М. *Расчет элементов конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой*. Издательство Саратов. ун-та. Саратов. 1987.

Петров В.В., Иноземцев В.К., Синева Н.Ф. *Теория наведенной неоднородности и ее приложения к проблеме устойчивости пластин и оболочек*. Саратов. 1996.

Петров В.В. *Метод последовательного нагружения в нелинейной теории пластин и оболочек*. Саратов: изд-во СГУ. 1975.

Петров В.В. Построение инкрементальных соотношений для физически нелинейного материала с развивающейся неоднородностью. *Проблемы прочности...* (см. выше). Саратов: Саратов. ун-т. 2005. 6-10.

Петров В.В. Уравнения изгиба пластинки, учитывающие влия-

ние концентрации агрессивной среды в ее материале. *Вестник РААСН*. 9. Белгород. 2005. 315-320.

Селяев П.В. Диаграммы деформирования композитных материалов при воздействиях жидких агрессивных сред. *Проблемы прочности...* (см. выше). Саратов: Саратов. гос. ун-т. 2006. 46-52.

Владлен Васильевич Петров
 Академик Российской академии архитектуры и строительных наук,
 Засл. деятель науки и техники РФ,
 д.т.н., профессор, зав. кафедрой
 «Механика деформируемого твердого тела» СГТУ. Создал известную в России и за рубежом научную школу, разрабатывающую проблему расчета сложных инженерных сооружений с учетом нелинейных факторов и воздействия экстремальных условий эксплуатации. Опубликовал более 200 научных трудов, 6 монографий.



Ольга Владимировна Пенина
 аспирант кафедры «Механика деформируемого твердого тела» Саратовского ГТУ. Имеет 10 печатных работ. Область научных интересов – расчет конструкций из нелинейно-деформируемых материалов при совместном действии поперечных нагрузок и агрессивных эксплуатационных сред.

