

190 -ФЗ, является результатом искаженного не-системного толкования федеральных норм.

Следует обратить внимание, что приведенные выше решения разделяет временной промежуток в несколько лет. За это время вступили в силу новые редакции федеральных законов и подзаконных актов, что вполне может вносить иную окраску в интерпретацию принимаемых решений.

Рассматривая решения судов различных инстанций (в том числе, не приводимые в настоящем анализе, но встреченные в практике проведения нами судебных строительно-технических экспертиз), можно сделать вывод о том, что до сих пор не существует однозначной позиции по вопросу тождественности рассматриваемых нами понятий: «объект недвижимости» и «объект капитального строительства». Основная причина расхождения точек зрения экспертов различных организаций, судов, собственников объектов, на

наш взгляд, заключена в том, что эти термины относятся к различным сферам правового регулирования. Вследствие этого, формулировки, содержащиеся в законодательных актах, содержат в себе признаки, относящиеся к различным субстанциональным категориям. Очевидно, что для обеспечения однозначности принятия решений по таким делам целесообразно внести изменения и дополнения в законодательные акты различных уровней: расширить перечень объектов, относящихся к объектам капитального строительства, по возможности связать его в градостроительных регламентах различных субъектов РФ; уточнить сущностные признаки объектов, относящихся к категориям как объектов недвижимости, так и объектов капитального строительства. В дальнейшем, нам представляется перспективным возможное определение общей категории объектов права, включающей все вышеуказанные признаки.

Список литературы

1. Соколовский З. И. Понятие специальных знаний //Криминалистика и судебная экспертиза. –1969. – №6. – с.202.
2. Белкин Р.С. Криминалистическая энциклопедия. – М. : Мегатрон XXI, 2000. – 334с.
3. Комиссарова Я.В. Концептуальные основы профессиональной деятельности эксперта в уголовном судопроизводстве: автореф. дисс. ... д-ра юрид. наук. –М., 2013. – 57 с.
4. Лукошкина С.В., Буфетова М.Ш. Заключение и показания эксперта в российском уголовном судопроизводстве //Сибирские уголовно-процессуальные и криминалистические чтения.– 2019.– № 2.– с.36-45.
5. Россинская Е.Р. Судебная экспертиза в гражданском, арбитражном, административном и уголовном процессе: Монография. – М. :Норма, Инфра-М, 2014.– 656 с.
6. Кораблев А. А. //Понятие и сущность специальных знаний// Молодой учёный. –2016. –№2 (106).– с 693-695.
7. Бутырин А.Ю., Трифонова З.В. Обеспечение достоверности выводов в заключении эксперта при производстве судебной строительно-технической экспертизы.// Теория и практика судебной экспертизы.- 2017.–т.12; №3. с.78-84.
8. Тимошенко М.С., Кириллова А. С. Достоверность результата экспертного заключения при производстве судебной строительно-технической экспертизы //Вестник науки и образования.–2019.–№2-2(56).– с.14-16.
9. Баразгова Р. С. Правовой режим объектов капитального строительства как разновидности недвижимого имущества //Проблемы в Российском законодательстве.–2010.–№4.– с.122-125.
10. Васюта Д.В. Понятие здания и сооружения как объектов недвижимости//Вестник Омского университета. Серия «Право».– 2013.–№ 2 (35).– с.121-126.
11. Дзущева Д.М., Кабалоева А.Т., Хатагова И.А. Классификация объектов недвижимости//Новая наука: теоретический и практический взгляд.–2016.–№117-1.–с.239-245.
12. Семёнова Е.Г. Недвижимость как правовая категория: опыт интервального анализа // Общество и право.– 2016.– №04(58).– с.215-220.
13. Щенникова Л.В, Оганов А. И. Гражданско-правовая категория недвижимого имущества и градостроительство в Российской Федерации// Закон. – 2008. –№ 3. – с.93-97.

© С. Ю. Калашиников, Е. В. Гурова, Р. Х. Курамшин

Ссылка для цитирования:

С. Ю. Калашиников, Е. В. Гурова, Р. Х. Курамшин. Отдельные вопросы систематизации предметной терминологии при проведении строительно - технической экспертизы // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 1 (31). С. 33-38.

УДК 539.3: 539.4

КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ В СИЛОВОМ И ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ

И. И. Овчинников, В. С. Мавзовин

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Национальный исследовательский московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

Рассматривается задача расчета геометрически и физически нелинейных составных оболочек вращения, подвергающихся коррозионному износу в неоднородном температурном поле, причем скорость коррозии зависит и от напряженного состояния, и от температуры. Получены уравнения, описывающие коррозионно-механическое поведение оболочек враще-

ния с учетом коррозионного износа в силовом и тепловом полях. Исследование напряженно-деформированного состояния оболочки вращения ведется методом последовательных возмущений параметров (в данном случае - времени), причем величина шага по времени подбирается из условия удовлетворения необходимой точности решения задачи. На каждом временном шаге методом начальных параметров с ортогонализацией С. К. Годунова решается краевая задача для системы разрешающих уравнений с соответствующими граничными условиями. Приведены результаты расчета автоклава, представляющего собой комбинированную оболочку вращения: сфера - сферический тор - цилиндр.

Ключевые слова: коррозионный износ, температура, физическая нелинейность, геометрическая нелинейность, модели коррозии, коррозионно-механическое поведение, метод последовательных возмущений параметров.

CORROSION-MECHANICAL BEHAVIOR OF THE ROTATION SHELLS IN A POWER AND TEMPERATURE FIELD

I. I. Ovchinnikov, V. S. Mavzovin

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

The problem of calculating geometrically and physically nonlinear shells subjected to corrosion wear in an inhomogeneous temperature field is considered, and the corrosion rate depends on both the stress state and temperature. Equations are obtained that describe the corrosion-mechanical behavior of shells, taking into account corrosion wear in force and thermal fields. The stress-strain state of the shell is studied by the method of successive perturbations of the parameters (in this case, time), and the time step value is selected from the condition of satisfying the required accuracy of solving the problem. At each time step, the method of initial parameters with orthogonalization of S. K. Godunov solves the boundary-value problem for a system of resolving equations with the corresponding boundary conditions. The results of calculating an autoclave, which is a combined shell: a sphere - a spherical torus - a cylinder, are presented.

Keywords: corrosion wear, temperature, physical nonlinearity, geometric nonlinearity, corrosion models, corrosion-mechanical behavior, method of successive perturbations of the parameters.

Введение

В химической, нефтяной, газоперерабатывающей и других отраслях промышленности элементы многих конструкций, машин, сосудов и аппаратов в процессе эксплуатации подвергаются воздействию агрессивных сред в тепловом и силовом полях. Одним из наиболее распространенных типов коррозионных поражений стали являются коррозионный износ, который приводит к уменьшению сечений элементов [1, 2]. К настоящему времени накоплен довольно значительный экспериментальный и теоретический материал по вопросам коррозионного износа конструкций.

Выявление закономерностей работы элементов металлических конструкций в условиях коррозионного износа и прогнозирование срока их службы является в настоящее время одной из наиболее актуальных задач, так как коррозия разрушает около одной трети всего производимого металла.

Результаты исследований в области расчета тонкостенных конструкций с учетом воздействия внешней среды находят применение при профилактике коррозии на этапе проектирования, что обеспечивает наибольшую эффективность борьбы с коррозионными разрушениями.

Существующие методы расчета на прочность и долговечность конструкций обычно не учитывают неравномерность поля коррозионного износа, влияние температуры, вида и уровня напряженно-деформированного состояния на кинетику коррозионного износа конструкций [3-13].

Использованные механические характеристики металлов получались на образцах, испытанных в лабораторных условиях, где не всегда учитывалась реальная кинетика напряженного

состояния конструкций, неоднородность температурного поля, а также временной фактор.

Кроме того, такой подход к учету коррозионной среды базируется на предположении, что коррозионный износ постоянен во времени, а это не соответствует реальным условиям эксплуатации сосудов. Кинетика напряженного состояния сосудов зависит от изменения силовых и температурных нагрузок и толщины стенок, которая изменяется вследствие их коррозионного износа. Изменение толщины стенки вызывает изменение градиента температуры по толщине стенки. Это ведет к изменению свойств материала. В свою очередь, изменение напряженно-деформированного состояния в стенке аппарата вызывает изменение коррозионного износа. Это может привести к изменению напряженно-деформированного состояния, ведущему к сокращению срока службы конструкции. Поэтому, для того чтобы правильно оценивать поведение оболочечных конструкций в условиях эксплуатации, необходима разработка методики учета коррозионного износа при расчете оболочек. Так как под воздействием коррозионного износа толщина оболочек уменьшается, а уровень напряжений увеличивается, то возникает необходимость учитывать в расчете и геометрическую, и физическую нелинейность.

Во многих исследовательских центрах нашей страны и за рубежом проводятся исследования влияния различных агрессивных сред на механические характеристики материалов и элементов конструкций. Значительный вклад в эти исследования внесли Г.В. Карпенко, В.М. Долинский, В.Г. Карпунин, Э.М. Гутман [3-13]. Под руковод-

ством В.В. Петрова и И.Г. Овчинникова, проводятся исследования, связанные с построением математических моделей, описывающих деформирование и разрушение конструкций в агрессивных рабочих средах; идентификацией этих моделей с использованием экспериментальных данных; разработкой методик расчета и расчетной оценкой напряженного состояния и долговечности элементов конструкций с использованием построенных моделей [14–20].

Реальные сосуды и аппараты представляют собой сочетание оболочек вращения различных конфигураций: конуса, тора, цилиндра сферы и т.п. При расчете следует учитывать краевой эффект в точках перегиба направляющей. Многие сосуды и аппараты химического машиностроения работают в неравномерных тепловом и силовом полях, что вызывает локальную коррозию.

Часто приходится решать задачу оценки фактического состояния конструкций и прогнозирования его изменения с целью своевременного принятия мер по предотвращению аварий и оценки резерва несущей способности и долговечности. В настоящее время в эксплуатации находится большое количество оборудования различных отраслей, которое отработало значительный ресурс в условиях действия агрессивных сред. Ввиду невозможности замены этого оборудования из-за недостатка производственной мощности, особую актуальность приобретает вопрос объективной оценки ресурса оборудования. Учет неравномерного коррозионного износа по толщине, локального коррозионного износа позволит провести расчет конструкций по уточненной расчетной схеме, и тем самым обеспечить более надежный расчет конструкций.

Моделирование поведения оболочки, подвергающейся коррозионному износу

Рассмотрим составную оболочку произвольной формы, представляющую сочетание цилиндрических, конических, сферических, тороидальных оболочек с переменной вдоль меридиана толщиной при совместном действии нагрузки, температуры и коррозии. Материал оболочки упругий, но его свойства зависят от температуры. По меридиану оболочки может быть установлено различное количество линейных и угловых упругих опор, на оболочку может действовать различное количество кольцевых сосредоточенных сил и моментов (рис. 1). Оболочка может подвергаться неравномерному нагреву по толщине и равномерно или неравномерному коррозионному износу, вызывающему одностороннее или двухстороннее уменьшение толщины.

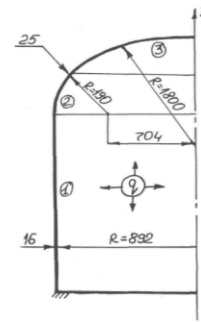


Рис. 1. Расчетная схема автоклава

Считается, что температура по толщине оболочки меняется по линейному закону. Приведенные по толщине компоненты температурной деформации равны:

$$\varepsilon_T = (\alpha_1 + \nu\alpha_2)T_0; \kappa_T = (\alpha_1 + \nu\alpha_2)k, \quad (1)$$

$$\text{где } T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2}; k = \frac{T_1 - T_2}{h}.$$

Коррозионный износ поверхностей оболочки описывается уравнением:

$$\frac{d\delta_j}{dt} = V_j(t)\chi_j(T)\varphi_j(\sigma_j), j=1,2, \quad (2)$$

где $j=1$ – соответствует внутренней, $j=2$ – внешней поверхностям оболочки; δ_j – глубина коррозионного износа; $V_j(t)$ – скорость коррозии в ненапряженном состоянии при некоторой базовой температуре T_i ; $\chi_j(T)$ и $\varphi_j(\sigma_j)$ – функции влияния температуры и напряжений; σ_j – некоторое эквивалентное напряжение.

Исследование напряженно - деформированного состояния оболочки вращения ведется методом последовательных возмущений параметров (в данном случае - времени). Величина шага по времени Δt подбирается из условия удовлетворения необходимой точности решения задачи. На каждом временном шаге решается краевая задача для системы разрешающих уравнений с соответствующими граничными условиями.

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{dS} &= -\nu_2 \frac{\cos \varphi}{r} \xi - \nu \sin \varphi + \frac{1-\nu_1\nu_2}{E_1 h} \frac{\cos^2 \varphi}{r} (r \cdot N) + \frac{1-\nu_1\nu_2}{E_1 h} \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{2\pi} F(S) + \\ &+ (\alpha_1 + \nu\alpha_2)T \cos \varphi; \\ \frac{d\vartheta}{dS} &= -\nu_2 \frac{\cos \varphi}{r} \vartheta - \nu \sin \varphi + 12 \frac{1-\nu_1\nu_2}{E_1 h^3} \frac{\cos^2 \varphi}{r} (M_1 \cdot r) + (\alpha_1 + \nu\alpha_2)kT; \\ \frac{d}{dS} (r \cdot N) &= \frac{E_2 h}{r} \xi + \frac{\nu_2 \cos \varphi}{r} (r \cdot N) + \nu_2 \frac{\sin \varphi}{2\pi} F(S) - r q_{r(S)} - E_2 \alpha_2 h T; \\ \frac{d}{dS} (r \cdot M_1) &= \frac{E_2 h^3 \cos^2 \varphi}{12r} \vartheta + \sin \varphi (r \cdot N) + \frac{\nu_2 \cos \varphi}{r} (r \cdot M_1) - \\ &- \frac{\cos \varphi}{2\pi} F(S) - \frac{E_2 \alpha_2 k T \cos \varphi h^3}{12}; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\frac{d\xi}{dS} = -v_2 \frac{\sin \varphi}{r} \zeta + \cos \varphi \cdot \mathcal{A} + \frac{1-v_1 v_2}{E_1 H} \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{r} (r \cdot N) + \frac{1-v_1 v_2}{E_1 H} \frac{\sin^2 \varphi}{r} F(\zeta) + (\alpha_1 + v_2 \alpha_2) T \sin \varphi,$$

где обозначено: ξ, ζ – соответственно радиальное и осевое перемещения; \mathcal{A} – угол поворота нормали; E_1, E_2 – модули упругости; v_1, v_2 – модули Пуассона; ζ – расстояние по меридиану; α_1, α_2 – коэффициенты линейного расширения; r – радиус параллельного круга; $F(\zeta)$ – осевое усилие; $q_{r(\zeta)}$ – радиальная составляющая нагрузки. Система разрешающих уравнений решается методом начальных параметров с ортогонализацией С.К. Годунова.

Закон коррозионного износа выбирается в виде, наиболее адекватно описывающем экспериментальные данные по кинетике коррозионного износа для рассматриваемого сочетания металл – температура – коррозионная среда. Наиболее распространенные виды моделей износа и их сравнительный анализ приведены в работах [19,20]. В качестве критерия остановки вычислительного процесса принимается нарушение одного из условий: достижения максимальным эквивалентным напряжением (в любой точке оболочки) предельного значения ($\sigma_{экс} \geq \sigma_{прео}$); – достижение заданного времени эксплуатации оболочки $t \geq t_{зад}$; достижение предельно допустимой толщины оболочки $h \leq h_{мин}$.

Анализ результатов расчета

Данный алгоритм реализован в виде программного комплекса. В качестве тестовых расчетов использовались: расчет конической оболочки при постоянной температуре без коррозионного износа; расчет составной оболочки (конус, сфера, цилиндр) при постоянной температуре без коррозионного износа; расчет цилиндрической оболочки переменной толщины в температурном поле; расчет цилиндрической оболочки при постоянной температуре, внутреннем давлении и коррозионном износе.

Во всех случаях результаты расчетов по разработанной программе практически совпадали с тестовыми расчетами.

Для того, чтобы проанализировать возможности предложенной методики, рассмотрен расчет автоклава, представляющего собой комбинированную оболочку вращения: сфера – сферический тор-цилиндр.

В расчетах принято: $V = V_0(1 + k\sigma_u)$, где значения коэффициента k и скорости коррозии в ненапряженном состоянии V_0 определены

обработкой экспериментальных данных и составляют: $V_0 = 0,74 \frac{мм}{год}$, $k = 0,0084 МПа^{-1}$.

Расчетная схема представлена на рис. 1. Материал ВСт3 ($E = 1,825 \cdot 10^5 МПа$) рабочая температура $T_{раб} = 175 °C$; коэффициент Пуассона – 0,3; рабочее давление – 1,35 МПа; коэффициент линейного расширения – $11 \cdot 10^{-6} град^{-1}$.

Достоверность результатов расчета разрабатываемой методики на стадии коррозионного износа проверена путем сравнения с результатами, полученными решением нелинейного дифференциального уравнения методом конечных разностей для цилиндрической части оболочки. Расчеты показали на практическое совпадение напряжений, прогибов оболочки в случае использования однородного коррозионного износа. Когда кинетика износа зависит от уровня напряжений (неоднородный коррозионный износ), прогибы оболочки,

полученные различными методами, совпадают на большом временном интервале ее эксплуатации ($\approx 0,65 \tau_p$); затем результаты расслаиваются и к моменту времени разрушения оболочки ($\tau = \tau_p$) при $\sigma_u = \sigma_{np}$ (условие разрушения: интенсивность напряжений достигнет предельного напряжения) различие прогибов составляет до 5-7%. Следовательно, в интервале времени $0,65 \tau_p \leq \tau \leq \tau_p$ величину шага $\Delta \tau$ необходимо уменьшить, т.е. расчет вести переменным шагом.

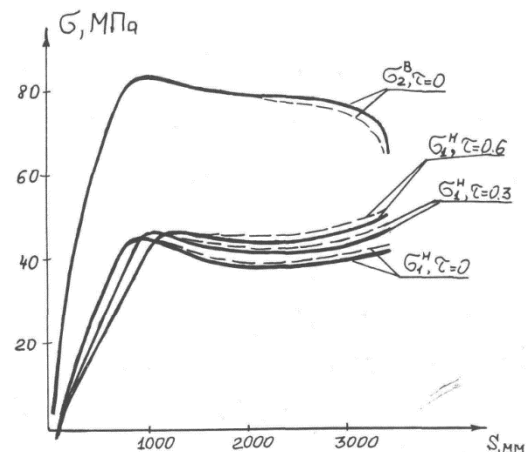


Рис. 2. Напряжения цилиндрической части оболочки в разные моменты времени

На рисунке 2 приведены напряжения для цилиндрической части оболочки, соответствующие разным моментам времени: $\tau = 0$; $\tau = 0,3$; $\tau = 0,6$. Сплошным линиям соответствуют данные, полученные по использованной методике, а штриховым линиям – по методу конечных разностей. Вследствие коррозионного износа тол-

щина оболочки на каждом участке становится переменной и происходит перераспределение прогибов и напряжений по длине оболочки. Был выполнен расчет оболочки при различных шагах разбиения по длине участка. В таблице 1 приведены напряжения оболочки при значениях шага: $S_1 = 85$ мм, $S_2 = 42,5$ мм – для 1 участка (цилиндрическая часть оболочки); $S_1 = 72$ мм, $S_2 = 3,6$ мм – для 2 участка (торосферическая часть оболочки); $S_1 = 26,8$ мм; $S_2 = 13,4$ мм – для 3 участка (сферическая часть оболочки). Наибольшее различие напряжений до 1,5 % наблюдается на узких краевых участках оболочки и в зонах перегиба меридиана оболочки. С ростом координаты различие напряжений на участке уменьшается до 0,06 %. Поэтому расчет надо вести переменным шагом по длине участка ΔS . Анализ результатов расчета показал, что в краевых зонах и зонах перегиба меридиана шаг

разбиения по длине участка в 1,5–2 раза меньше, чем в середине участка.

Точность вычислений зависит от величины шага по времени $\Delta \tau$. С этой целью проведено исследование влияния шага по времени $\Delta \tau$ на результаты счета. В таблице 1 приведены напряжения оболочки, полученные в момент времени $t = 0,3$ при различных значениях: $\Delta \tau$. Наибольшее различие напряжений наблюдается на краевых участках и точках перегиба меридиана, а к середине участка это различие постепенно уменьшается. Исследования и данные таблицы 1 показывают, что количество шагов по времени для получения достаточной точности расчета от начального уровня интенсивности напряжений $\sigma_u = 0,4\sigma_{np}$ до конечного $\sigma_u = \sigma_{np}$ составляет около 10.

Таблица 1

Меридиональные напряжения на наружной поверхности оболочки, МПа

S, мм	1 участок					2 участок				3 участок			
	0	724	1689	2530	3370	0	74.8	142	216.9	0	277	555	804.7
$\Delta \tau_1 = 0,02$	-125	39.59	39.52	39.52	78.8	-25.3	108	187.4	-37.3	-61.7	3.3	129	0
$\Delta \tau_2 = 0,04$	-127	39.5	39.52	39.53	79.1	-21.5	108.5	188	-37.5	62.1	3300	1294	0
$\Delta \tau_3 = 0,06$	-124	39.45	39.5	39.51	78.2	-25	108.6	187.2	-37.1	61.9	3.29	128.7	0
$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} 100\%$	21.6	0.3	0	0.02	0.38	0.79	0.4	0.3	0.5	0.6	0.03	0.3	0
$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_3} 100\%$	0.8	0.35	0.05	0.02	0.7	0.4	0,37	0,1	0,53	0,3	0,03	0,23	0

Заключение

Показано, что модели оболочечных конструкций, учитывающие коррозионный износ как уменьшение их толщины в неоднородном температурном поле, могут использоваться для исследования термо-напряженно-деформированного состояния тонкостенных элементов конструкций сосудов и аппаратов, которые в процессе эксплуа-

тации подвергаются воздействию коррозионных сред в тепловом и силовом полях. Эффективным методом исследования является метод последовательных возмущений параметров, который позволяет получить линеаризованные уравнения оболочечных конструкций и исследовать изменение напряженно-деформированного состояния в процессе движения по определенному параметру.

Список литературы

1. Сухотин Л.М., Шрейдер А.В., Арчаков Ю.И. Коррозия и защита химической аппаратуры. Л, 1974. - Т.9. - 576 с.
2. Шрайер Л.Д. Коррозия. Справочное издание. М, 1981. - 632 с.
3. Гутман Э.М. Механохимия металлов и защита от коррозии. М, 1981. - 270 с.
4. Гутман Э.М. Прочность газопромысловых труб в условиях коррозионного износа. М, 1984. - 75 с.
5. Гутман Э.М., Зайнуллин Р.С., Зарипов Р.А. Долговечность сосудов высокого давления в условиях механохимической коррозии // Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности. - 1977. - №9. - С.3-5.
6. Гутман Э.М., Зайнуллин Р.С., Зарипов Р.А. Кинетика механохимического разрушения и долговечность растянутых конструктивных элементов при упругопластических деформациях // ФХММ, - 1984. - №2. - С.14-17.
7. Долинский З.М. Изгиб тонких пластин, подверженных коррозионному износу // Динамика и прочность машин. - 1975. - вып.21. - С.16-19.
8. Долинский В.М. Расчет нагруженных труб, подверженных коррозии // Химическое и нефтяное машиностроение, - 1967. - №2. - С.9-10.
9. Долинский В.М. Расчет элементов конструкций, подверженных равномерной коррозии. // Деформирование материалов и элементов конструкций в агрессивных средах. Саратов, - 1983. - С.61-67.

10. Зайнуллин Р.С. К методике коррозионных испытаний образцов при изгибе. // Нефтяная промышленность. М, 1983. - С.3-4.
11. Карпунин В.К. К расчету гибких физически нелинейных пластин с учетом сплошной коррозии // Исследования по теории оболочек, - 1976. - вып. 7. - С. 37-42.
12. Карпунин В.Г., Клещев С.И., Корнишин М.С. Долговечность пластин и оболочек в условиях коррозионного воздействия среды. // Прочность и долговечность конструкций. - 1970. - С.35-45.
13. Карпунин В.Г., Клещев С.И., Корнишин М.С. К расчету пластин и оболочек с учетом общей коррозии // Труды X Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластин. Тбилиси, 1975. - Т.1. - С.166-174.
14. Овчинников И.Г., Петров В.В. Определение долговечности элементов конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой // Строительная механика и расчет сооружений, - 1982. - № 2. - С. 13-16.
15. Овчинников И.Г., Петров З.В. Математическое моделирование процесса взаимодействия элементов конструкций с агрессивными средами // Деформирование материалов и элементов конструкций в агрессивных средах. Саратов, - 1983. - С.3-11.
16. Овчинников И.Г., Сабитов Х.А. К расчету нелинейно-упругой цилиндрической оболочки с учетом коррозионного износа // Изв. вузов. Строительство и архитектура, - 1984. - № 6. - С. 38-41.
17. Овчинников И.Г. Об одной схеме учета воздействия коррозионной среды при расчете элементов конструкции // Изв. Вузов. Строительство и архитектура, - 1984. - №1. - С. 34-38.
18. Овчинников И.Г., Гончарова Г.Н. Коррозионно-механическое поведение изгибаемой прямоугольной пластинки. // ФХММ, - 1987. - № 3. - С. 121-122.
19. Наумова Г.А., Овчинников И.Г. Расчеты на прочность сложных стержневых и трубопроводных конструкций с учетом коррозионных повреждений. СГТУ. Саратов. 2000. - 227 с.
20. Овчинников И.И., Наумова Г.А. Накопление повреждений в стержневых и пластинчатых армированных конструкциях, взаимодействующих с агрессивными средами. Волгоград, 2007. - 272 с.

© И. И. Овчинников, В. С. Мавзовин

Ссылка для цитирования:

И. И. Овчинников, В. С. Мавзовин. Коррозионно-механическое поведение оболочек вращения в силовом и температурном поле // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 1 (31). С. 38–43.

УДК 539.3

ТЕНДЕНЦИИ В ОПТИМАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

И. Г. Овчинников, В. С. Мавзовин

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

На основе анализа ряда работ рассмотрены современные тенденции в оптимальном проектировании металлических конструкций и показано, что они сводятся к использованию вероятностных и многокритериальных моделей оптимального проектирования. При использовании вероятностного подхода к оптимальному проектированию обычно учитывается изменчивость внешних воздействий, случайная природа геометрических и механических характеристик конструкции, временной фактор. Использование вероятностного подхода требует накопления достаточно больших объемов экспериментальной информации для их последующей статистической обработки, что пока еще несколько ограничивает применимость этого подхода. Описаны критерий энергоемкости и критерий надежности, которые используются для решения прикладных задач оптимизации металлических конструкций. Рассмотрены градиентные методы поиска оптимального решения, метод оптимизации Нелдера - Мида, различные вариации метода случайного поиска, а также генетические алгоритмы, которые начинают находить все более широкое применения для решения задач оптимизации. Особое внимание уделено проблеме оптимального проектирования конструкций с учетом воздействия коррозионной среды. Показано, что в основном оптимизации подвергались конструкции, подвергающиеся коррозионному износу, а в качестве критериев оптимальности рассматривались средняя скорость потери массы, долговечность и стоимость.

Ключевые слова: оптимальное проектирование, металлические конструкции, критерий качества, функция цели, многокритериальная оптимизация, методы оптимизации, учет агрессивной среды.

TRENDS IN OPTIMUM DESIGN OF METAL STRUCTURES TAKING INTO ACCOUNT TERMS OF OPERATION

I. G. Ovchinnikov, V. S. Mavzovin

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Based on an analysis of a number of works, current trends in the optimal design of metal structures are considered and it is shown that they are reduced to the use of probabilistic and multi-criteria optimal design models. When using a probabilistic approach to optimal design, the variability of external influences, the random nature of the geometric and mechanical characteristics of the structure, and the time factor are usually taken into account. The use of a probabilistic approach requires the accumulation of a sufficiently large amount of experimental information for their subsequent statistical processing, which still limits the applicability of this approach. The energy intensity criterion and the reliability criterion that are used to solve applied problems of optimization of metal structures are described. Gradient methods for finding the optimal solution, the Nelder-Mead optimization method, various varia-