

УДК 537.3

ОПТИМАЛЬНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ НАГРЕВ ВНЕШНЕЙ
СРЕДОЙ И ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛА СТЕКЛЯННОЙ КУСОЧНО-
ОДНОРОДНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ, СОПРЯЖЕННОЙ
С КОНИЧЕСКОЙ

Гачкевич А.Р., Гачкевич Н.Г., Казарян К.Б., Касперский З.И

Ա.Ր. Գաչկեվիչ, Ն.Գ. Գաչկեվիչ, Կ.Բ. Կազարյան, Զ.Ի. Կասպերսկի

Արտաքին միջավայրով եվ ցերմության աղբյուրներով կամակերպ թաղանթի եվ նրան համակցված կարևոր առևտրային համասեռ ապակե գլանաձև բաղաձևի օպտիմալ տեխնոլոգիական տաքացումը, Աշխատանքում արաջարկված է գլանաձև եվ կոնական մասերով բաղադրյալ ապակե բաղաձևի ընդհանուր լուծումների օպտիմալ տեխնոլոգիական տաքացման ռեժիմի պարամետրերի հաշվարկի անալիտիկ հաշվարկային մեթոդաբանություն:

Տաքացումը պայմանավորված է արտաքին միջավայրով եվ անընդհատորեն բաշխված ցերմության ճեղքին աղբյուրներով:

A.R. Gachkevich, N.G. Gachkevich, K.B. Ghazaryan, Z.I. Kasperski

Optimal technological heating by external media and heat sources of piece-wise homogeneous glass cylindrical shell conjugated with conical one

В работе предложена численно-аналитическая методика расчета параметров оптимального по напряжениям режима технологического нагрева внешней средой и внутренними непрерывно распределенными источниками тепла составной стеклянной оболочки, состоящей из цилиндрической и конической частей.

Во многих технологических процессах широко используется технологический нагрев, в частности, при изготовлении электровакуумных приборов. Основными элементами таких приборов являются, как правило, элементы из стекла. Низкие прочностные характеристики стекла особенно в условиях градиентного распределения температуры приводят к необходимости прогнозирования уровня напряжений в процессе термообработки с целью обеспечения значений напряжений, меньших от допустимых.

Рассмотрим задачу об определении оптимальных по напряжениям режимов осесимметричного нагрева свободной от внешнего силового нагружения конечной оболочки, состоящей из кусочно-однородной цилиндрической оболочки (которая имеет две однородные части длины l_1 и l_2) радиуса R , постоянной толщины $2h$, непрерывно сопряженной с круговой конической оболочкой той же толщины (фиг.1). Все три части рассматриваемой составной оболочки изготовлены из разных типов стекла (с различными теплофизическими и механическими характеристиками).

Точки вдоль меридиана конической оболочки описываем расстоянием s от вершины конуса, а положение точки вдоль меридиана цилиндрической части – осевой координатой z (которая отсчитывается от сечения $z=0$ сопряжения с конической оболочкой). Для конической части оболочки

4. Возвращаясь к функциональной связи (1), согласно выводам предыдущего пункта мы видим, что интенсивность $f(x, t)$ можно представить в виде трехмерного вектора. Компонентами этого вектора являются деформации, трещинообразование и вариации флюидного режима. Не касаясь здесь вопроса описания этих компонент, отметим, что деформации являются тензорами второго ранга и поэтому запись (1) нужно воспринимать как чисто символическую. Приведенные ниже частные примеры иллюстрируют реальные формы функциональной связи (1).

4.1. Модель консолидации [6]. Эта модель является количественно наиболее разработанной. Для перемещений земной поверхности автором модели выведена формула

$$W = -\alpha \tau \iiint_V (v_{1,2}^r + v_{2,1}^r) dv_{ij} \quad (2)$$

где α — относительное изменение модуля сдвига по основному предположению модели, τ — напряжение на бесконечности, $v_{i,j}^r$ — функции Грина.

Исходя из формулы (2), с единых позиций исследованы перемещения поверхности земли и наклоны по глубине как предвестники. Поставлена и решена одна обратная задача сейсмического просвечивания для конкретного землетрясения. Замечательно определение изменений вектора магнитной индукции. Кратко изложим ее суть.

Известно [15], что горные породы обладают некоторой начальной намагниченностью и свойством пьезомагнетизма. Вследствие этого происходящие деформации во время подготовки землетрясений приводят к изменению намагниченности пород. Это обнаруживается на поверхности Земли в виде изменения вектора магнитной индукции, рассматриваемое как предвестник.

Принимая закон пьезомагнетизма

$$\Delta \bar{I}_i = -\frac{3}{2} C \bar{I}_j S_{ji}$$

где C — пьезомагнитный коэффициент пород, \bar{I} — вектор намагниченности, S_{ij} — девиатор деформаций, в [6] выведено приближенное соотношение

$$\Delta \bar{B} = \nabla \times \iiint \frac{\Delta \bar{I} \times \bar{R}}{R^3} dV$$

Здесь \bar{B} — вектор магнитной индукции, ∇ — набла-оператор, R — расстояние наблюдаемой точки от элемента объема, где происходит процесс подготовки.

Это соотношение позволило в рамках модели консолидации произвести вычисления изменений вектора магнитной индукции и сравнивать их с действительно наблюдаемыми данными.

4.2. Модель дополнительной деформации. Для случая статических объемных деформаций в [16] для перемещений полупространства получено

$$\begin{aligned} U_x &= A \int_{\Omega} (x - \alpha) \left[R_1^{-3} + (3 - 4\nu) R_2^{-3} - 6z(z + y) R_2^{-5} \right] \varepsilon_0 d\omega \\ U_y &= A \int_{\Omega} (y - \beta) \left[R_1^{-3} + (3 - 4\nu) R_2^{-3} - 6z(z + \gamma) R_2^{-5} \right] \varepsilon_0 d\omega \\ U_z &= A \int_{\Omega} \left[(z - \gamma) R_1^{-3} - (3 - 4\nu)(z + \gamma) R_2^{-3} - 6z(z + \gamma)^2 R_2^{-5} + 2R_2^{-3} \right] \varepsilon_0 d\omega \end{aligned} \quad (3)$$

где $A = \frac{1 + \nu}{4\pi(1 - \nu)}$, $R_{1,2} = \left[(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z \mp \gamma)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$, $d\omega = dx dy dz$.

ν — коэффициент Пуассона.

Там же приведены примеры вычислений перемещений по формулам (3) для дневной поверхности ($z = 0$), при $\varepsilon_0 = \text{const}$ в заданной области.

На основании этих уравнений сделаны вычисления деформаций земной поверхности. Далее, принимая определенные простые формы активной области, получены упрощенные уравнения относительно конечного числа неизвестных — характеристик очаговой области. Сформирована обратная задача и сделан анализ одного частного решения [17].

Более подробное ознакомление с приведенными примерами, особенно хорошо разработанной моделью консолидации, показывает, насколько плодотворно определение полей деформаций при анализе гипотез процессов подготовки землетрясений.

Обобщая вышеизложенное, можно констатировать, что подавляющее большинство наиболее известных гипотез о физических процессах подготовки землетрясений допускает феноменологическое описание функциональным соотношением (1) физических процессов и их связи с наблюдаемыми предвестниками с представлением всех процессов в виде некоторых деформаций. Таким образом, феноменологическая модель подготовки землетрясений, основанная на функционале (1), имеет достаточную широту охвата идей. Примеры постановки и решения, в рамках этой модели, прямой (определение величин предвестников при известном месте и интенсивности процессов подготовки) и обратной (определение места и интенсивности процессов подготовки при известных величинах предвестников) задач приведены в [3, 6, 17]. Очевидна также принципиальная возможность осуществления физической экспериментальной модели на этой основе.

Концепция предложенной модели также созвучна с нарастающей ролью механики сплошной среды в исследованиях землетрясений и других проблем геофизики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рикитаке Т. Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1979. 388 с.
2. Касахара К. Механика землетрясений. М.: Мир, 1985. 264 с.
3. Хачикян А.С., Мкртчян М.С. Определение активной области подготовки землетрясений. // Изв. НАН Армении. Механика. 1995., Т.48. №1. С. 16-23.
4. Мячкин В.И. Процессы подготовки землетрясений. М.: Наука, 1978. 232 с.
5. Sholz C.H., Sykes L.R., Aggarwal Y.P. Earthquake Prediction: a Physical Basis. // Science. 1973. V. 181, N 4102. P. 803-810.
6. Добровольский И.П. Механика подготовки тектонического землетрясения. Институт физики Земли АН СССР, М.: Наука, 1984. 189 с.
7. Лобковский А.И. Геодинамика зон спрединга, субдукции. М.: Наука, 1988. 251 с.
8. Nur A. Nonuniform Friction as a Physical Basis for Earthquake Mechanics: a Review. // In: Proc. of Conference 2 Experimental Studies of Rock Friction Prediction. Menlo Park, California, 1977, p. 241.
9. Мишин С.В. Модель процесса землетрясения. // В кн.: Физические процессы в очагах землетрясений. М.: Наука, 1980. 166с.
10. Уломов В.И., Мавашев Б.З. О предвестнике сильного тектонического землетрясения. // Докл. АН СССР. 1967. Т. 176. № 2. С. 319-321.
11. Осика Д.Г. О некоторых теоретических и практических следствиях изучения генетической сущности геохимических и гидрогеологических процессов в связи с сейсмичностью недр. // В кн.: Геодинамика и сейсмичность территории Дагестана, № 3 (21). Махачкала: ФАН. 1979. 97с.
12. Ризвиченко Ю.В. Энергетическая модель сейсмического режима. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1968. № 5. С. 3-19.
13. Пономарев А.С. Теплогазодинамическая модель коровых землетрясений. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1990. № 10. С. 100-112.
14. Калинин В.А. и др. Геодинамические эффекты физико-химических превращений в твердой среде. М.: Наука, 1989. 157 с.
15. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1993. 314 с.
16. Хачикян А.С. О проблеме прогноза тектонических землетрясений. // Докл. АН Армении. 1991. Т. 92. № 5. С. 201-205.
17. Хачикян А.С., Казарян А.С. Об обратной задаче подготовки землетрясений. // Тр. конференции, посвященной 90-летию академика А.Г. Назарова, 1-4 июня, 1998, Гюмри. С. 314-318.

Институт механики
НАН Армении

Поступила в редакцию
14.12.2001