

## О ВЛИЯНИИ ВИБРАЦИОННОЙ ДОГРУЗКИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ОДНОМЕРНОГО РАСТЯЖЕНИЯ

*З. В. Истратова, О. И. Лейпунский*

(Москва)

В предлагаемой работе на основе известных идей С. Н. Журкова оценивается влияние вибрационных догрузок на время существования растягиваемого образца. Оказывается, что это влияние может быть значительным даже при малых амплитудах вибраций.

С. Н. Журковым [1, 2], а также другими исследователями (см., например, [3]) была выдвинута кинетическая концепция разрушения как разрыва связей на молекулярном уровне. Согласно этой концепции, время существования растягиваемого образца  $t^*$  при меняющихся в процессе нагружения напряжениях  $\sigma$  и температуре  $T$  определяется соотношением

$$\int_0^{t^*} \frac{dt}{\tau_0} \exp \frac{U - \gamma\sigma}{RT} = 1, \quad \sigma_1 \leq \sigma_0 \quad (1)$$

Здесь  $\tau_0$ ,  $\gamma$  — константы материала,  $U$  — энергия активации реакции разрыва связей,  $R$  — универсальная газовая постоянная.

Пусть температура образца постоянна и

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_1 \sin \omega t \quad (2)$$

Здесь  $\sigma_0$  — основное растягивающее напряжение,  $\sigma_1$  — амплитуда вибродогрузки,  $\omega$  — частота такая, что,  $t^* \gg 2\pi / \omega$ .

Подставляя (2) в (1), находим после преобразований

$$\int_0^1 \exp(a \sin 2\pi x) dx = \frac{t_0}{t^*}, \quad a = \frac{\gamma\sigma_1}{RT} \quad (3)$$

Здесь  $t_0$  — время существования при постоянном растягивающем напряжении, равном  $\sigma_0$ . Согласно [4], интеграл в левой части (3) равен  $I_0(a)$ , где  $I_0$  — бесселева функция нулевого порядка мнимого аргумента.

Если  $\sigma = \text{const}$  и температура меняется по закону

$$T = T_0 + T_1 \sin \omega t \quad (T_1 \ll T_0) \quad (4)$$

то, как можно показать, используя преобразование Д. А. Франк-Каменецкого [5], зависимость для времени существования сохраняет форму (3), но параметр  $a$  определяется соотношением

$$a = \frac{U - \gamma\sigma}{RT_0^2} T_1 \quad (5)$$

Пусть образец подвергается действию напряжения, меняющегося по закону (2), при температуре, колеблющейся согласно выражению (4). Подставляя (2) и (4) в (1) и учитывая лишь члены первого порядка малости в разложении показателя экспоненты в ряд по  $\sigma_1 / \sigma_0$  и  $T_1 / T_0$ , получаем, что и в этом случае время существования выражается в форме (3), но величина  $a$  дается выражением

$$a = \frac{\gamma\sigma_1}{RT_0} + \frac{U - \gamma\sigma_0}{RT_0^2} T_1 \quad (6)$$

Сделаем некоторые оценки для капронового волокна с константами  $U = 45$  ккал/моль,  $\gamma = 0.29$  ккал/моль мм<sup>2</sup>/кг, для которого  $t_0 = 10^6$  сек при  $T = 300^\circ$  и  $\sigma = 62$  кг/мм<sup>2</sup> по данным работы [2]. Вибродогрузка  $\sigma_1 = 5$  кг/мм<sup>2</sup>, составляющая меньше 10% от основной нагрузки, дает в соответствии с (3), значение  $a = 2.4$ , что определяет изменение долговечности в  $I_0(2.4) = 3$  раза.

Колебания температуры в  $10^\circ$  приводят при  $\sigma = \sigma_0$  к изменению долговечности в  $I_0(1.5) = 1.7$  раз в соответствии с выражением (5) для величины  $a$ . При совместном воздействии этих колебаний напряжения и температуры долговечность уменьшится в  $I_0(3.9) = 10.9$  раз. Как видно из расчета, небольшого вибрационного догружения достаточно, чтобы существенно уменьшить время существования образца. Подчеркнем, что эта оценка не связана с влиянием концентраторов напряжения типа трещин и т. д.

Полученный результат находится в качественном соответствии с экспериментами, описанными в работе [3]: наличие вибродогрузки не изменяет экспоненциальной

зависимости долговечности от  $\sigma_0$  и уменьшает время существования. В работе [3] не приводится величина вибродогрузки, и это не позволяет провести количественное сравнение эксперимента с расчетом.

Авторы выражают глубокую благодарность Г. И. Баренблатту за внимание к работе, обсуждение и ценные замечания.

Поступила 15 VII 1965

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Журков С. Н., Томашевский Э. Е., Некоторые проблемы прочности твердого тела. Изд-во АН СССР, 1959.
2. Журков С. Н., Абасов С. А. Температурная и временная зависимость прочности полимерных волокон. Высокомолекул. соединения, 1961, т. III, № 3, стр. 441.
3. Busse W. F., Lessing E. T., Loughborough D. L., Larrick L. Fatigue of Fabrick. J. Appl. Phys. 1942, vol. 13, p. 715.
4. Морс Ф. М., Фешбах Г., Методы теоретической физики, т. 2. Изд. иностр. лит. 1960.
5. Франк-Каменецкий Д. А., Диффузия и теплопередача в химической кинетике, Изд-во АН СССР, 1947.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УДАРНЫХ ВОЛН В ГРУНТЕ С ПРЕГРАДАМИ

*В. И. Кузнецов, Г. М. Ляхов*

(Москва)

Ранее [1] была предложена модель водонасыщенного грунта как идеальной жидкости. Экспериментальные исследования ударных волн [2] показали, что при малых напряжениях в водонасыщенном грунте начинают проявляться признаки твердого пластического тела. Грунт по своим свойствам приближается к модели, предложенной в работе [3].

Ниже приводятся результаты опытов по исследованию взаимодействия плоской ударной волны в грунте со смещающейся преградой. В развитие [2, 4, 5] дается приближенное решение задачи о взаимодействии волн с преградой. Грунт при больших давлениях рассматривается как нелинейно упругая, а при малых — как пластическая среда. Подобная схема применима к водонасыщенным и неводонасыщенным грунтам, когда волна будет ударной. Экспериментальные значения параметров движения преграды сопоставлены с результатами расчета.

**1. Условия проведения опытов.** Опыты проводились в полевых условиях в водонасыщенном грунте, полученном при засыпке в котлован, заполненный водой, карьерного песка малоокатанными зернами. Уровень воды в котловане во все время проведения опытов оставался постоянным.

Плотность грунта (с учетом содержания в порах воды и воздуха)  $\rho_0 = 1.96 - 2.02 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Содержание заземленного воздуха  $\alpha_1$  составляло 0.015—0.025 общего объема грунта. Гранулометрический состав приводится ниже

$$\begin{array}{cccccc} \delta \geq 1 & 1-0.5 & 0.5-0.25 & 0.25-0.1 & 0.1-0.05 & 0.05 \text{ [мм]} \\ \beta = 8-12 & 10-12 & [25-30] & 30-40 & 4-8 & 2-3 \text{ [%]} \end{array}$$

Здесь  $\delta$  — диаметр частиц,  $\beta$  — их процентное содержание.

Закономерности распространения плоских волн и их взаимодействия с преградами в одномерной постановке определяются законом динамического сжатия среды. Поэтому опыты включали измерения параметров волн, образующихся в грунте при взрыве заглубленного сосредоточенного заряда ВВ. По значениям этих параметров при помощи известных соотношений на фронте ударной волны, выражающих законы сохранения массы и количества движения, был определен закон динамической сжимаемости грунта.

Изучение взаимодействия волн со смещающейся преградой — бетонным кубом с длиной ребра  $l = 1$  м — проводилось в тех же грунтах, но с плоскими зарядами ВВ, подрываемыми на поверхности грунта над преградой. При взрыве образовывались плоские волны. В опытах определялись нагрузки, действующие на куб и параметры его движения.