

мости от частоты возмущений наступит при нескольких значениях последнего. Поэтому эродированность почв может изменяться вдоль потока у источников акустических возмущений. Следует отметить, что влияние акустических возмущений на развитие эрозионного процесса начинается по достижении некоторого порогового уровня звукового давления и скорости потока, значения которых зависят от параметров потока. При скорости потока 8 м/с ($\varepsilon = 22\%$) эрозия почв возникает при частотах 40—60, 120, 150—180, 230—250 Гц и т. д.

Чувствительность процесса ветровой эрозии к звуковым колебаниям определенной частоты, по-видимому, можно объяснить резонансными явлениями, возникающими при взаимодействии внешних акустических колебаний с волнами, имеющимися в потоке. Если частота воздействующего звукового колебания соответствует частоте максимального возбуждения колебаний ветрового потока, процесс сдува резко увеличивается, т. е. критические скорости уменьшаются. С возрастанием уровня звукового давления при фиксированной частоте акустического сигнала критические скорости уменьшаются, а интенсивность сдува и уноса увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спэнглер Дж. Г., Уэллс мл. К. С. Влияние возмущений свободного потока на переход в пограничном слое. — Ракетн. техника и космонавтика, 1968, № 3.
2. Козлов Я. Ф., Бабенко В. В. Экспериментальные исследования пограничного слоя. — Киев: Наук. думка, 1978.
3. Власов Е. В., Гиневский А. С. Экспериментальное исследование влияния акустических возмущений на возникновение турбулентности в пограничном слое. — В кн.: Пристенное турбулентное течение. Труды XVIII Сибирского теплофизического семинара. Ч. II. Новосибирск, 1975.
4. Knapp G. F., Roache P. J. A combined signal and hotwire anemometer investigation of boundary-layer transition. — AIAA J., 1968, v. 6, N 1.
5. Азизов А., Исмаилов М. И. и др. Влияние интенсивности турбулентности воздушного потока на количество сдува твердых частиц. — ДАН УзССР, 1976, № 10.
6. Азизов А. Влияние влажности на ее устойчивость к ветровой эрозии. — Почвоведение, 1977, № 1.

Поступила 26/VIII 1985 г.

УДК 678.067.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ КРАЕВОГО ЭФФЕКТА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО МУАРА

В. А. Жилкин, В. Б. Зиновьев

(Новосибирск)

В изделиях, изготовленных из материалов с ярко выраженной анизотропией, необходимо учитывать краевые эффекты, которые, как известно [1], могут медленно затухать от края. Оценки величины зоны краевых эффектов в композиционных материалах производились неоднократно, при этом задача решалась теоретически и экспериментально [1—3]. В данной работе такие оценки выполнены с помощью метода голографической интерферометрии.

Краевой эффект оценивается расстоянием l^* , на котором начальное возмущение деформированного состояния образца снижается до 5% от своей максимальной величины. Закон убывания деформации близок к экспоненциальному, и при больших значениях аргумента экспонента асимптотически приближается к нулю. Тогда в этой зоне образца для корректного определения l^* требуется высокая точность величин перемещения. Например, для достижения погрешности $l^* \pm 5\%$ необходима точность измерения величин перемещения 0,7%. Требования к точности измерений могут быть значительно снижены, если сделать допущения, что перемещения убывают экспоненциально. Тогда, построив эпюры перемещений в заданных сечениях образца, например, с помощью метода голографической интерферометрии, можно найти постоянную затухания t как расстояние, на котором величина возмущения уменьшается в e раз.

и за зону проникновения краевого эффекта принять, как это делается при описании переходных процессов, $l^* = 3\tau$. Так как τ определяется в зоне образца, где перемещения имеют значительную величину, то, следовательно, снижаются требования к точности измерений.

В качестве примера описанного подхода к определению величины зоны краевого эффекта у композиционных материалов приводятся результаты испытаний образца, представляющего собой матрицу из эпоксидной смолы, армированную стальной проволокой диаметром 2 мм. К выступающим из матрицы волокнам с помощью специального устройства прикладывалась самоуравновешенная нагрузка [4]. Схема нагружения приведена на рис. 1. Образец имел следующие геометрические размеры: длина 210, ширина 65, толщина 5 мм, расстояние между осями армирующих волокон 4,7 мм.

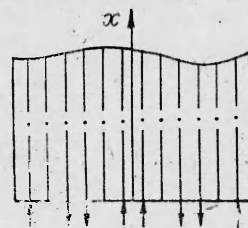


Рис. 1

Испытания проводились с использованием метода голографического муара [5]. Для этого на поверхность образца наносился металлизированный растр частотой $\Psi = 1355 \text{ мм}^{-1}$ (трудоемкость получения металлизированного растра и нанесения его на поверхность изделия не превышает трудоемкости получения и приклейки фотоупругих покрытий). Затем перед растром закреплялась синтетическим каучуком СКТН высокоразрешающая фотопластинка ПЭ-2, на которую по схеме, предложенной Ю. Н. Денисюком, по методу двух экспозиций записывалась голограмма. Первая экспозиция проводилась в начальном ненагруженном состоянии образца, вторая — после приложения нагрузки. После второго экспонирования фотопластинка отделялась от образца и подвергалась фотохимической обработке.

Полученные интерферограммы восстанавливались в белом свете. На рис. 2 приведены фотографии интерферограмм, наблюдаемые в отраженных $+1$ (а) и -1 (б) порядках дифракции. Положение интерференционных полос определяется перемещением тождественных точек образца между экспозициями и описывается уравнением

$$u \sin \alpha + w(1 + \cos \alpha) = N\lambda,$$

где $\sin \alpha = n\lambda\Psi$; n — номер дифракционного порядка; u и w — касательная и нормальная к плоскости образца компоненты вектора перемещения; N — порядок полосы; λ — длина световой волны. Если N^+ и N^- — номера полос в $+1$ и -1 порядках дифракции, то, учитывая, что $\sin \alpha^+ = -\sin \alpha^-$ и $\cos \alpha^+ = \cos \alpha^-$, можно найти перемещения в плоскости образца по формуле

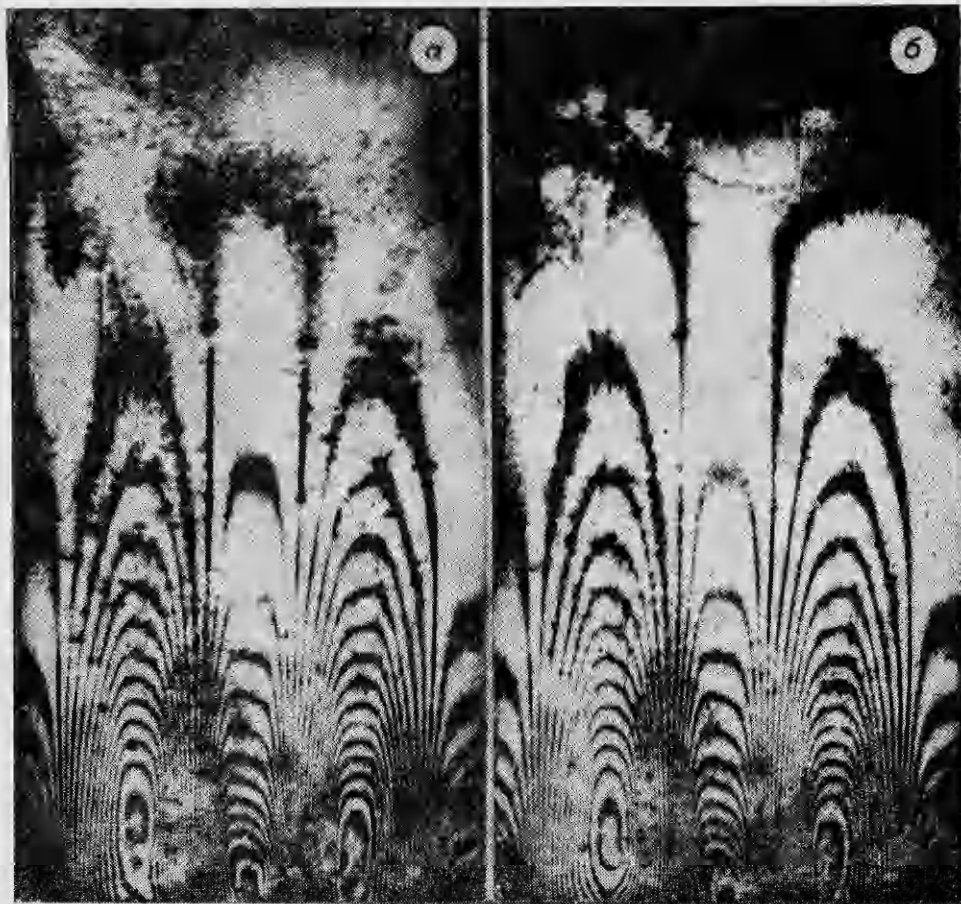
$$u = (N^+ - N^-) \frac{\lambda}{2 \sin \alpha} = (N^+ - N^-) \frac{1}{2n\Psi}$$

На рис. 3 приведены эпюры u в логарифмическом масштабе в двух продольных сечениях максимального растяжения образца и в среднем сжатом сечении (кривые 1—3). Эпюры имеют два ярко выраженных участка. Эти участки можно интерпретировать следующим образом. На первом участке происходит возрастание величин перемещений, обусловленных краевым эффектом, вызванным неравномерностью распределения нагрузки по толщине образца. В этом случае перемещения могут быть описаны выражением

$$u = u_{\max} (1 - e^{-x/\tau_1}),$$

где x — координата вдоль оси образца (см. рис. 1); τ_1 — постоянная затухания поперечного краевого эффекта. Вследствие непостоянства глубины заложения армирующих волокон значение τ_1 различно и колеблется от 0,4 см для сжатого участка до 0,7 см для растянутого.

На втором участке уменьшение перемещения u обусловлено затуха-

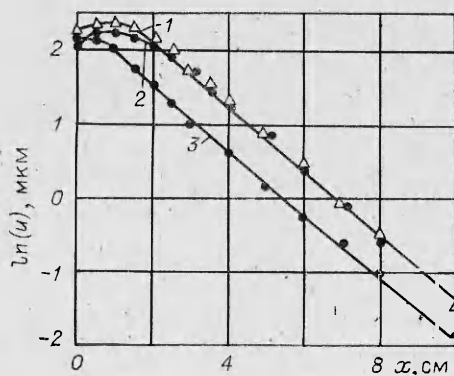


Р и с. 2

нием возмущения, вызванного приложением к образцу самоуравновешенной нагрузки, и оценивается зависимостью

$$u = u_{\max} e^{-x/\tau_2},$$

где τ_2 — постоянная затухания основного краевого эффекта, $\tau_2 = 2,26$; $2,17$ см для растянутой и сжатой областей. Глубина проникновения краевого эффекта, определяемая по формуле $l^* = 3\tau$, равна $6,78$ и $6,52$ см в области растяжения и в сжатой зоне.



Р и с. 3

Для определения глубины проникновения краевого эффекта в [1] выведена теоретически и проверена экспериментально формула $l^*/H = 1 + 0,04\eta$, где H — размер зоны возмущения (в нашем случае равной половине ширины образца, т. е. $3,25$ см); η — параметр анизотропии, определяемый соотношением

$$\eta = E_1 F_1 / (Gha),$$

где E_1 и F_1 — модуль Юнга и площадь поперечного сечения армирующего волокна; G — модуль сдвига связующего; h — толщина образца; a —

расстояние между центрами армирующих волокон. Для описанного образца $\eta = 23$, т. е. теоретическая величина зоны проникновения краевого эффекта равна 6,24 см, что на 8% меньше полученной экспериментально для растянутой зоны и на 4% для сжатой.

Итак, оценка глубины проникновения краевого эффекта по постоянной затухания снижает требования к точности определения перемещений, величина зоны краевого эффекта, полученная таким методом, мало отличается от величины, получаемой другими методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демешкин А. Г., Корнев В. М. О длине образцов из однонаправленного композита с учетом структуры и анизотропии. — *Механика композит. материалов*, 1981, № 2.
2. Гарнопольский Ю. М., Розе А. В. Оценка зоны влияния краевого эффекта в однонаправленных композитах. — *Механика полимеров*, 1965, № 5.
3. Бакулин В. Н., Инякин В. Н. и др. Исследование краевого эффекта в пластинках с накладками. — *Механика композит. материалов*, 1985, № 1.
4. Баев Л. В., Горев Б. В. и др. Способ испытания однонаправленных композитов. — *БИ*, 1981, № 2.
5. Жилкин В. А., Зиновьев В. Б., Горбунова Т. В. Исследование анизотропных задач механики деформируемых тел методом голографического муара. — *Механика композит. материалов*, 1983, № 2.

Поступила 9/VII 1985 г.

УДК 624.131 + 539:215

ИМПУЛЬСНЫЙ ГИДРОРАЗРЫВ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

А. А. Вовк, Ю. И. Войтенко, А. В. Милалюк

(Киев)

Использование импульсного гидроразрыва для интенсификации геотехнологических процессов в ряде отраслей горного дела связано с инженерной оценкой параметров возникающих при этом трещин (протяженность, раскрытие, количество, ориентация) особенно, если технологией работ требуется целенаправленное разрушение массива трещинами определенных размеров и конфигурации. Наиболее распространенная схема импульсного гидроразрыва состоит в возбуждении импульсного давления в некоторой части скважины, заполненной жидкостью. Если это давление достаточно велико, прискважинная область породного массива разрушается с образованием трещин вертикальной и радиально-кольцевой конфигурации. Поскольку энергия импульса и масса жидкости в зоне разрыва ограничены, трещины распространяются на конечное расстояние и имеют конечное раскрытие, определяющее новые гидродинамические свойства массива. Несмотря на наличие значительного арсенала специальной геофизической аппаратуры, позволяющей проводить подобные работы, механике импульсного гидроразрыва внимание практически не уделялось. В то же время для прогноза эффективности и выбора оптимального режима импульсного гидроразрыва необходимо выяснить общие закономерности разрушения массива при таких режимах нагружения. Эта цель преследовалась при проведении описанных ниже экспериментов.

В качестве модели горной породы принят полиметилметакрилат, поскольку его прочность на разрыв превышает диапазон изменения этой характеристики у реальных горных пород. Размеры блоков выбирались так, чтобы обеспечивалась гарантированная остановка трещины внутри блока без ее выхода на свободную поверхность. В блоке 5 сверлили отверстие (скважину) 6 (рис. 1), в которое на клею вставляли обсадную трубку 7, ограничивающую область воздействия жидкости на стенку. В трубке размещался поршень 1, снабженный датчиком давления 8 и имеющий каналы для подачи в рабочую зону жидкости разрыва 2, стравливания воздуха 4 и размещения проводов связи датчика с регистрирующей аппаратурой 3. Донная часть отверстия имела сферическую, коническую или плоскую форму, моделировавшую тип долота, используемого при бурении скважин. Для разрыва использовались три жидкости одинаковой плотности, но существенно отличающиеся вязкостью. Коэффициент кинематической вязкости первой жидкости $2,2 \cdot 10^{-6}$, второй — $6,4 \cdot 10^{-4}$ и третьей — $0,105$ м²/с. Датчик давления представлял собой турмалиновый или пьезокварцевый диск, помещенный в резиновый чехол и металлическую обойму