

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 539.3

Письмо в редакцию по поводу статьи А. М. Жукова

«СОПРОТИВЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ ЧАСТИЧНОМУ РАСТЯЖЕНИЮ И СЖАТИЮ»

АМБАРЦУМЯН С. А., ХАЧАТРИАН А. А.

1. Главная идея автора — «Основная гипотеза разномодульной теории упругости не имеет экспериментального подтверждения» — в корне ошибочна и, к сожалению, уже высказана в его ранее опубликованной статье [1].

Ведь нельзя же, исходя из экспериментов на некоторых материалах, в которых не обнаружено явление разномодульности («модули упругости определялись по наклону начального линейного участка диаграммы деформирования»), делать столь далеко идущее заявление. В лучшем случае, если считать, что эксперименты интерпретированы правильно, А. М. Жуков может лишь утверждать, что материалы, которые рассмотрены в его работах, не проявляют свойств разномодульности, точнее, начальные модули упругости при растяжении и сжатии этих материалов почти одинаковы. И это в лучшем случае, ибо в экспериментах самого А. М. Жукова, для некоторых материалов обнаруживается слабая начальная разномодульность, «средняя кривая сжатия располагается несколько выше соответствующей кривой растяжения», «законы упрочнения при растяжении и сжатии в нелинейной области при этом различны» — факты, имеющие определяющее значение для построения разномодульной теории упругости вообще [2–8].

2. Все известные нам модели разномодульной теории упругости построены на основе тщательного анализа экспериментальных данных, согласно основополагающим концепциям, изложенным разными авторами следующим образом: «В действительности зависимость напряжение — деформация, вероятно, не так проста, как показано на фиг. 1 (билинейная зависимость с началом $\sigma=0$, $\epsilon=0$). Вернее, на кривой напряжение — деформация между линейными ее участками растяжения и сжатия может существовать переходной нелинейный участок [4]. Трудно точно измерить деформации при напряжениях, стремящихся к нулю, но кривая напряжение — деформация может быть такой, как на фиг. 2, где приведена билинейная модель Амбарцумяна [4, 5] в качестве упрощения явно нелинейного поведения» [2]; «Данные о различии модулей упругости при растяжении и сжатии чаще всего относятся к некоторым секущим модулям, в то время как начальный наклон диаграмм растяжения и сжатия один и тот же. Это подтверждается экспериментами по динамическому определению модуля упругости.

Таким образом, под упругой разномодульностью следует понимать различия в значениях соответствующих секущих модулей при линейной аппроксимации криволинейных диаграмм [3]; «Анализ многочисленных экспериментальных данных (о них будет сказано ниже) приводит нас к важному заключению, что в первом, достаточно высоком приближении диаграмма напряжение — деформация для большинства материалов с разными модулями упругости при растяжении и при сжатии может быть представлена в виде двух прямых, имеющих начало в точке нуль диаграммы $\sigma-\epsilon$ [4–7], т. е. с помощью кусочно-линейной функции с разрывом касательной в точке 0 (фиг. 1). В действительности же связь между напряжениями и деформациями не так проста. Между ярко выраженными линейными участками, соответствующими растяжению и сжатию, имеется переходная нелинейная, узкая зона с непрерывной касательной [8–10]» [4]. «Строго говоря, принимая билинейную диаграмму для кривой напряжение — деформация, мы аппроксимируем нелинейные соотношения на участках $\sigma \geq 0$ и $\sigma \leq 0$ линейными соотношениями между соответствующими напряжениями и деформациями» [4].

Примерно по такой схеме строят свои модели разномодульной теории упругости и другие авторы [5–8], которые также четко указывают, как надо корректно интерпретировать эксперименты и что надо понимать под упругой разномодульностью.

3. Экспериментальное подтверждение основных положений разномодульной теории упругости читатель может найти в работах советских и зарубежных исследователей [9–24]¹. Чтобы не загромождать список литературы, здесь приводится лишь часть известных исследований. Результаты многих экспериментальных исследований приведены также во всех цитированных выше книгах и статьях. О разномодульно-

¹ См. также: Иванов Г. П. Исследование несовершенной упругости металлов. Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. техн. наук. Минск: 1973.

сти некоторых материалов можно прочесть даже в «Энциклопедии современной техники» [25], где прямо сказано: «Значения модуля упругости E при растяжении и сжатии у большинства металлических сплавов близки, у неметаллических материалов могут существенно различаться».

Для полноты картины укажем, что уже сегодня делаются попытки дать макрофизические — механические объяснения явления разномодульности [3, 16]. Чисто физическую интерпретацию разномодульности твердого тела в термодинамической постановке, а также путем анализа взаимодействия между атомами в нелинейной области в соответствии с представлением Ми можно получить из результатов, изложенных в [26].

Мы полагаем, что осведомленный читатель убежден — явление разномодульности в той или иной мере имеет место во многих конструкционных материалах и при корректном использовании может стать экспериментальной основой для различных моделей разномодульной теории упругости. А тем, кто еще сомневается в этом, следует более подробно ознакомиться как с имеющимися экспериментальными данными, так и с основополагающими предположениями разномодульной теории упругости.

4. Мы ничего не хотим сказать об экспериментах А. М. Жукова и других авторов, которые в некоторых конструкционных материалах не обнаружили заметной разномодульности. Эти результаты не имеют никакого отношения к разномодульной теории упругости и говорят лишь о том, что есть материалы, для которых модули упругости при растяжении и сжатии близки.

Если А. М. Жуков захочет продолжить истинно научное обсуждение этого вопроса, то он должен обращаться не к нам, теоретикам, а к сотням экспериментов и их авторам, которые, как нам кажется, правильно утверждают, что есть конструкционные материалы, имеющие разные модули упругости (в смысле разномодульной теории упругости) при растяжении и сжатии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков А. М. Упругие, прочностные и деформационные свойства некоторых полимеров.— Механика композитн. материалов, 1984, № 1, с. 8—15.
2. Джонс Р. М. Выучивание круговых цилиндрических оболочек с различными модулями упругости при растяжении и сжатии.— Ракетн. техн. и космонавтика, 1971, т. 9, № 1, с. 62—73.
3. Ломакин Е. В. Определяющие соотношения механики разномодульных тел. М.; 1980. 63 с. ИПМ АН СССР, препринт № 159.
4. Албарцумян С. А. Разномодульная теория упругости. М.: Наука, 1982. 317 с.
5. Матченко Н. М., Толоконников Л. А. О связи между напряжениями и деформациями в разномодульных изотропных средах.— Инж. журн., МТТ, 1968, № 6, с. 108—110.
6. Толоконников Л. А. Вариант разномодульной теории упругости.— Механика полимеров, 1969, № 2, с. 363—365.
7. Бригадиоров Г. В., Матченко Н. М. Вариант построения основных соотношений разномодульной теории упругости.— Изв. АН СССР. МТТ, 1974, № 5, с. 109—111.
8. Цвелодуб И. Ю. К разномодульной теории упругости изотропных материалов.— Динамика сплошной среды. Сб. статей. Новосибирск; Ин-т гидродинамики СО АН СССР, 1977, вып. 32, с. 123—131.
9. Скудра А. М., Булавс Ф. Я., Роценс К. А. Ползучесть и статическая усталость армированных пластиков. Рига: Зинатне, 1974. 238 с.
10. Беренацкий А. Д., Рабинович А. Л. О деформированном состоянии некоторых сетчатых полимеров.— Высокомолек. соед., 1964, т. 6, № 6, с. 1060—1067.
11. Земляков И. П. О различии модулей упругости полиамидов при различных видах деформации.— Механика полимеров, 1964, № 4, с. 47—51.
12. Тарнопольский Ю. В., Розе А. В. Особенности расчета деталей из армированных пластиков. Рига: Зинатне, 1969. 274 с.
13. Кинцис Т. Я., Розе А. В., Жигун И. Г. Методы статических испытаний армированных пластиков. Справочное пособие. Рига: Зинатне, 1972. 227 с.
14. Деревяшко Н. И. Свойство армированного полистирола при кратковременном растяжении, сжатии и изгибе.— Механика полимеров, 1968, № 6, с. 1059—1064.
15. Грезин В. М. Упругие характеристики стеклопластика АГ-4С при кратковременных и длительных нагрузках.— Механика полимеров, 1966, № 2, с. 298—301.
16. Джонс Р. М. Соотношения, связующие напряжения и деформации в материалах с разными модулями упругости при растяжении и сжатии.— Ракетн. техника и космонавтика, 1977, т. 15, № 1, с. 16—25.
17. Шварц Р., Шварц Г. Свойства волокон бора и армированных ими пластиков.— Ракетн. техника и космонавтика, 1967, т. 5, № 2, с. 119—126.
18. Хуго И., Кабелка И., Кожени И. и др. Конструкционные пластмассы: Свойства и применение. М.: Мир, 1969. 336 с.
19. Браутман Л. Армированные волокнами пластики.— В кн.: Современные композиционные материалы/Под ред. Браутмана Л., Крока Р. М.: Мир, 1970, с. 414—505.
20. Жигун И. Г., Поляков В. А. Свойства пространственно-армированных пластиков. Рига: Зинатне, 1978. 215 с.

21. Берзин А. В., Строчков В. И., Баранов В. Н. Деформируемость и разрушение изотропных графитовых материалов.— Конструкционные материалы на основе углерода. Тематич. отраслевой сборник, М.: Металлургия, 1976, № 11, с. 102—110.
22. Вялов С. С. Реологические основы механики грунтов. М.: Высш. шк., 1978. 447 с.
23. Согоян А. С. Об одной задаче ползучести деревянной балки при чистом изгибе.— Изв. АН АрмССР. Техн. н., 1965, т. 18, № 5, с. 29—36.
24. Карапетян К. С., Котикян Р. А. Исследование разномодульности бетона.— Изв. АН АрмССР. Механика, 1977, т. 30, № 3, с. 68—77.
25. Энциклопедия современной техники. Конструкционные материалы. Т. 2. М.: Сов. энциклопедия, 1964. 408 с.
26. Цянь Сюэ-сень. Физическая механика. М.: Мир, 1965. 544 с.

Ереван

Поступила в редакцию
26.VI.1985.

УДК 539.41

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

ЖУКОВ А. М.

Авторы письма пишут: «...основная идея автора — «основная гипотеза разномодульной теории упругости не имеет экспериментального подтверждения» — в корне ошибочна и, к сожалению, уже высказана в его ранее опубликованной статье [1]. Можно подумать, что я должен был испросить согласия авторов письма на публикацию указанной статьи.

В [1] и публикуемой моей статье изложены результаты корректных опытов и на их основании сделан обоснованный вывод о несостоятельности основной гипотезы разномодульной теории упругости. Никакими идеями я не пользовался, а стремился выяснить истинное положение дел с модулями упругости на растяжение и сжатие в фиксированном направлении для ряда разных по своему строению материалов.

В [1], на которую ссылаются авторы письма, показано, что наклон начального линейного участка диаграммы деформирования определяет истинный модуль упругости. Опыты проведены на полиэфирной смоле, которая обладает большой податливостью и начинает ползти при напряжениях, много меньших предела пропорциональности.

Если бы авторы письма внимательно прочитали указанную статью, то у них отпала бы надобность прибегать к сомнениям в части линейного участка диаграммы деформирования.

Не могу не выписать полностью конец второго абзаца письма «...в экспериментах самого А. М. Жукова, для некоторых материалов обнаруживается слабая разномодульность, «осредненная кривая сжатия располагается несколько выше соответствующей кривой растяжения», «законы упрочнения при растяжении и сжатии в нелинейной области при этом различны», — факты, имеющие определяющее значение для построения разномодульной теории упругости [2—8].

Анализу табл. 2 моей статьи предшествуют данные о модулях упругости стали 30ХГСА. Они говорят, что E^+ и E^- различаются всего на 0,5%. В таблице же собраны данные о пределах пропорциональности и пределах текучести по допускам 0,1 и 0,2% остаточного относительного удлинения. Эти данные не имеют никакого отношения к разномодульности. А авторы письма кладут их в основу рассуждений и тем искажают существо дела.

В моей статье написано: «Из изложенного следует, что существуют материалы, у которых E^+ и E^- одинаковы, а законы упрочнения при растяжении и сжатии в нелинейной области различны». Первая часть этой фразы опущена, а вторая оставлена. Только первая часть имеет отношение к разномодульности, но она отсутствует. Авторы письма, как представляется, с умыслом исказили разбираемое место моей статьи.

Остается неясным, как может иметь «определяющее значение для построения разномодульной теории упругости вообще» различие законов упрочнения в нелинейной области деформирования. О каких модулях упругости может идти речь, если материал деформируется нелинейно.

В статье Жукова А. М. «Модули упругости материалов при растяжении и сжатии» (ЖПМТФ, 1985, № 4, с. 128—131) показано, что опыты, в которых получены большие расхождения в модулях E^+ и E^- ошибочны.

Остальная часть письма не содержит ничего, что бы заслуживало внимания. По этой причине на ней не останавливаемся.

В разбираемом письме отсутствуют возражения против моих опытов. А опыты говорят в пользу моего основного вывода.