

пряжений: в трех из четырех рассмотренных серий испытаний главные оси  $\Sigma$  в течение всего процесса нагружения оставались фиксированными, в последней серии в условиях плоского напряженного состояния поворот главных осей  $\Sigma$  был малым (не превышал  $11,5^\circ$ ), кроме образца  $B_1$ , при испытании которого поворот осей был значительным, однако осуществлялся лишь в упругой области в процессе разгрузки. Расхождение расчетов с данными испытаний ряда образцов достигает 30% для значений деформаций при заданных напряжениях (см. [1], фиг. 11, 14, 18 (№ 5), 26, 33 и др.).

Таким образом, работа не содержит законченного описания новой модели пластической среды, позволяющей ставить и решать достаточно общие механические задачи.

*Поступила 8 VII 1975*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Христианович С. А. Деформация упрочняющегося пластического материала.— «Иzv. АН СССР. МТТ», 1974, № 2.
2. Христианович С. А., Шемякин Е. И. О плоской деформации пластического материала при сложном нагружении.— «Иzv. АН СССР. МТТ», 1969, № 5, с. 138—149.

#### ПОЯСНЕНИЯ К СТАТЬЕ Я. А. КАМЕНЯРЖА «ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ УПРОЧНЯЮЩЕГОСЯ ПЛАСТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА»

*С. А. Христианович*

*(Москва)*

В заметке Я. А. Каменяржа [1] содержатся замечания по поводу моей работы [2].

Начну с того, что с общим заключением автора заметки согласен в том смысле, что работа еще далеко не завершена.

В работе разобрана только часть вопросов, относящихся к сложным траекториям нагружения, особенно с различными повторными нагружениями и поворотом осей тензора нагружения. Это связано с ограниченностью имевшегося в моем распоряжении экспериментального материала, а также с отсутствием в то время адекватной микроскопической теории, которая позволяла бы определить изменение модулей при различных траекториях нагружения с помощью более ограниченного числа опытов. Не рассмотрены и вопросы деформации первоначально анизотропного материала.

Я вообще считаю, что едва ли возможно создание теории, которая, опираясь только на данные одного опыта, например на кривую простого растяжения, позволяла вычислить деформацию при сколь угодно сложных траекториях нагружения. В процессе пластической деформации при сложных траекториях нагружения могут происходить изменения структуры материала, отличные от тех, которые имеют место при простом растяжении первоначально изотропного образца. Задача сводится, таким образом, к постепенному расширению класса нагружений с указанием минимума необходимых экспериментальных данных. Неизвестно, когда этот процесс можно будет считать завершенным. Эта точка зрения всегда высказывалась А. А. Ильюшиным и практически осуществлялась в его работах и работах его последователей. Я ее тоже разделяю.

Вместе с этим я хочу дать пояснения к некоторым конкретным замечаниям.

Пояснение к п. 1. То, что деформации, вычисленные на двух бесконечно близких путях нагружения, отличаются в приведенном в [1] примере на конечную величину, не вызывает удивления, так как эти пути отделяют два различных состояния материала — полную и неполную пластичность. Аналогичное положение имеет место, когда траектории нагружения находятся с двух разных сторон поверхности, отделяющей область активного нагружения и полной разгрузки.

Пояснение к п. 2. Пользуясь соотношениями, приведенными в [2], всегда можно построить поверхность б) и убедиться, что эта поверхность имеет угловую точку. Анализ опытов показывает на существование угловых точек [3]. Поверхности а) и б), как показывают самые простые опыты, обычно не совпадают. Их приближенно совмещают для упрощения теоретических формулировок. Это не всегда допустимо.

При установлении зависимости между приращениями напряжений и приращениями пластических деформаций в [2] действительно не были использованы геометрические построения, связанные с наперед заданной поверхностью нагружения.

Пояснение к п. 3. Мною не проверялось в общем случае выполнение соотношений, которыми А. А. Ильющин и Д. А. Дракер выражают свой общий физический принцип. Однако правильность применения интеграла Дракера в примере, приводимом в [1], вызывает сомнение. Рассматривается деформация в окрестности точки  $P$  на поверхности нагружения. Если точка  $M$  не точка с произвольным напряжением в упругой области, далекая от  $P$ , а точка, реально достижимая в процессе разгрузки (в [1] при разгрузке  $\Delta T_{12} \leq 0$ ,  $\Delta T_{23} \leq 0$ ), то можно видеть, что в рассматриваемом примере интеграл Дракера не отрицателен. (См. использование принципа Дракера в [4, 5].) Интеграл Ильющина имеет совершенно конкретный физический смысл, и неравенство Ильющина гораздо менее ограничительно по сравнению с неравенством Дракера. Утверждение, приведенное в [1], обязательно требует примера. Он был бы очень интересен.

Пояснение к п. 5. В работе [2] экспериментальные и исходные данные для расчетов приведены в таком виде, что каждый может проверить вычисления и убедиться в степени сходимости результатов. Сравнение данных расчета и опытов проводилось в [2] путем сравнения деформаций при данном напряжении. Обычно применяемое сравнение разности напряжений при заданной деформации мне представляется недопустимо грубым. Расхождение в несколько процентов по напряжениям может при таком способе оценки отвечать (при пологой кривой упрочнения) расхождениям в несколько раз в приращениях деформаций.

Поступила 18 VIII 1975

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каменярж Я. А. Об одной модели упрочняющегося пластического материала. — ПМТФ, 1976, № 2.
2. Христианович С. А. Деформация упрочняющегося пластического материала. — «Изв. АН СССР. МТТ», 1974, № 2.
3. Lin T. H. Physical theory of plasticity. — In: Advances in Applied Mechanics. Vol. 11. N. Y.—L., Academic press., 1971.
4. Ильющин А. А. Об основах общей математической теории пластичности. Вопросы теории пластичности. М., Изд-во АН СССР, 1961.
5. Качанов Л. М. Основы теории пластичности. М., «Наука», 1969.