

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНОЙ РАЗГРУЗКИ НА ТРАЕКТОРИЯХ ДЕФОРМАЦИЙ ТИПА АСТРОИДЫ

*Гараников В.В.*

*Тверской государственной технической университет, Тверь*

**Ключевые слова:** траектории напряжений и деформаций, механический эксперимент, предельная поверхность, текучесть, астроида.

**Аннотация.** В данной статье экспериментально исследовано поведение предельных поверхностей текучести и нагружения на плоских траекториях переменной кривизны типа астроида при простых процессах. Обнаружена существенно большая кинематическая подвижность поверхности текучести (деформирования) в сравнении с поверхностью нагружения. Изменение начальной формы предельных поверхностей незначительно.

## RESEARCH OF COMPLEX DISCHARGE ON THE TRAJECTORIES OF THE DEFORMATION TYPE ASTROID

*Garanikov V. V.*

*Tver State Technical University, Tver*

**Keywords:** stress and strain trajectories, mechanical experiment, limiting surface, fluidity, astroid.

**Abstract.** This article is devoted to experimental investigation of behavior of limit yield surface and loading on flat trajectories of variable curvature, that is type astroids in simple processes. It was detected significantly larger kinetic mobility of yield surface (deformation) as compared with loading surface. Change in initial form of limit surface is minor.

В данной работе приведены систематические экспериментальные исследования закономерностей изменения скалярных и векторных свойств металлов на плоских криволинейных траекториях напряжений и деформаций. Исследования выполнены на автоматизированном расчетно-экспериментальном комплексе [1]. Комплекс состоит из нагружающей установки, реализующей трехпараметрическое воздействие на образец (осевая сила, кручение и внутреннее давление), датчиков усилий и деформаций, управляющей ЭВМ типа IBM PC и устройства связи с объектом (УСО). Механическая часть выполнена на базе испытательной машины ЦДМУ-30 и включает замкнутую силовую раму с размещенными на ней элементами крепления образца и приводами реализуемых усилий. Образцы имели толщину стенки  $h=1$  мм, радиус срединной поверхности  $R=15,5$  мм, длину рабочей части  $L=6R$  и были изготовлены точением из одного прутка стали 9Х2. Методика испытаний подробно описана в работах [2, 3]. Эксперименты по сложному деформированию материала осуществлены в плоскости  $\Theta_1$ - $\Theta_3$  девиаторного подпространства деформаций А.А. Ильюшина.

На рисунке 1 представлена реализованная траектория деформаций вида астроида. После простого нагружения (кружки с точкой), разгрузки (треугольники) и повторной нагрузки (кружки с внешними крестиками) до прежнего уровня  $\Theta_1=\Theta_0=0,02$ , осуществлялось сложное деформирование по траектории в виде астроида. Точка, отмеченная буквой "А" в кружке, соответствует началу сложного процесса деформирования и сложной разгрузки.

Стрелка указывает направление процесса. Условные символы в виде кружков с крестиком, полутемных и полностью темных, отвечают соответственно первому, второму и третьему витку. Буквами "H<sub>κ</sub>" (κ=1, 2, 3, 4) отмечены точки начала активного процесса деформирования (dA) > 0, который продолжается вплоть до очередной угловой точки.

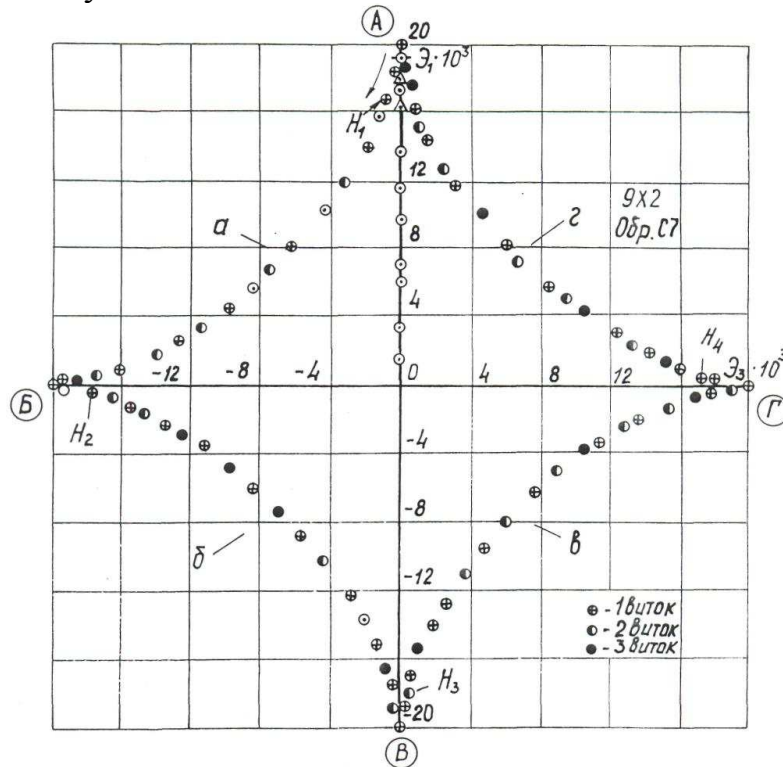


Рис. 1. Траектория деформаций типа астроида

На рисунке 2 представлен отклик на данную траекторию деформаций в виде траектории напряжения. На данном рисунке показаны экспериментальные точки для первых двух витков астроида (первый виток – кружки с крестиком; второй – полутемный кружок). Цифры 1 и 2 в кружках отвечают соответственно началу первого и второго витка.

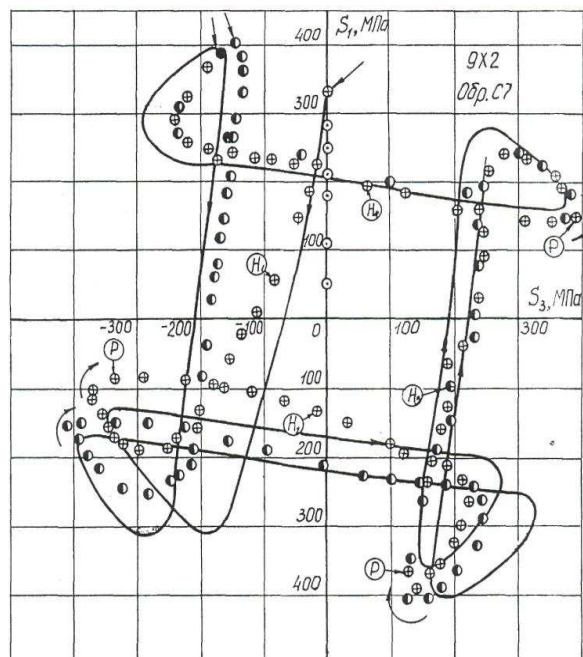


Рис. 2. Траектория напряжения

На рисунке 3 отражены скалярные свойства для реализованной траектории сложного нагружения.

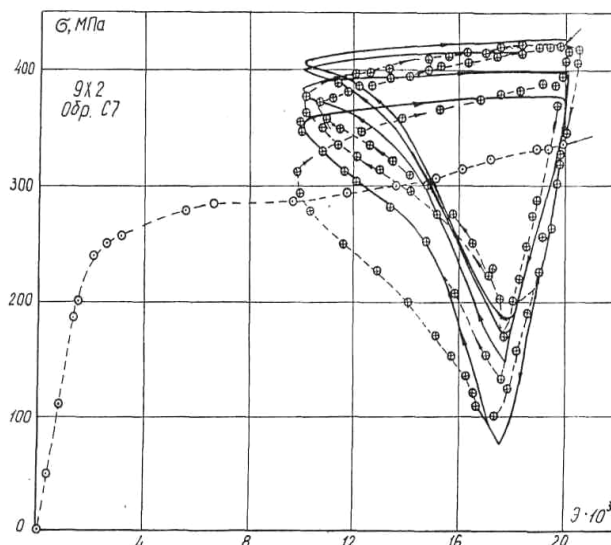


Рис. 3. Диаграмма деформирования

В первой и второй четверти диаграммы деформирования для первого и второго витка различаются, затем это различие уменьшается, и в конце второго витка они практически совпадают. Как видно из рисунка 3, экспериментальные точки, отвечающие участкам сложной и простой разгрузки практически совпадают, что позволяет распространить ранее сделанный вывод о совпадении законов сложной и простой разгрузки для логарифмической спирали также и на траекторию в виде астроида. Данные петли для первого витка в процессе деформирования по участкам астроида несколько смещаются в направлении оси  $\sigma$ , что связано с упрочнением материала.

#### Список литературы

1. Патент №7202 РФ. Автоматизированный комплекс для исследования упруговязкопластических свойств материалов при сложном нагружении // В.Г. Зубчанинов, А.В. Акимов, Н.Л. Охлопков. – Заявка №97108023/20 от 20.05.1997; опубл. 16.07.1998.
2. Гараников В.В., Зубчанинов В.Г., Охлопков Н.Л. Экспериментальная пластичность: Монография. Книга 1: Процессы сложного деформирования. – Тверь: ТГТУ, 2003. – 172 с.
3. Гараников В.В. Экспериментальное исследование процессов сложного нагружения на замкнутых четырехзвенных ломаных траекториях деформирования // Современные проблемы теории машин. – 2016. – №4(2). – С. 79-81.

#### Сведения об авторе:

Гараников Валерий Владимирович – д.т.н., заведующий кафедрой «Техническая механика».