

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСКОРЕНИЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ

Белокобыльский М.В., Богатин А.С., Кабилов Ю.В.,
Сидоренко Е.Н., Дорофеева В.В.

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону,
marks007@mail.ru

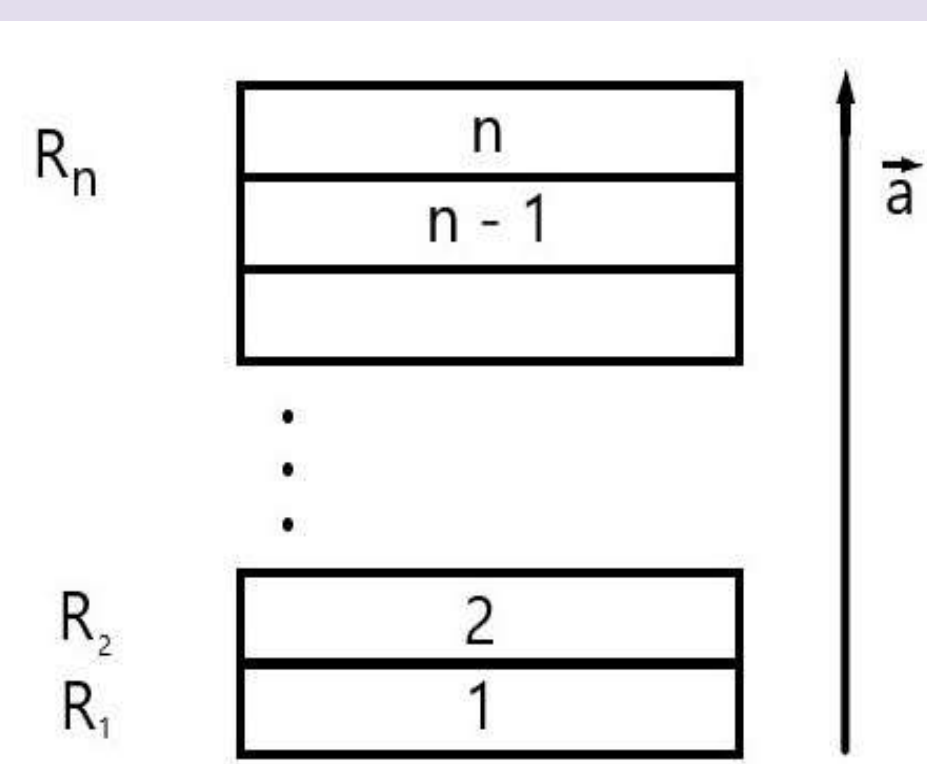


Цель исследования

Цель настоящей работы - исследование электрических свойств керамических и полимерных композитных материалов в условиях экстремальных ускорений.

Керамические и полимерные композиты, идеология работы

Допированный манганит $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ (LSMO) известен как проводящее ферромагнитное соединение с температурой Кюри 360 К [1]. В качестве второй, диэлектрической фазы могут быть использованы как неорганические материалы, так и органические: оксид германия или полиэтилен.



Концентрация более плотных проводящих частиц вследствие воздействия центробежного ускорения уменьшается в областях, наиболее близких к центру вращения. Полное сопротивление образца, представленного в виде условных слоев:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

Наибольшее сопротивление имеет первый слой.

Состав изучаемых композитов

В нашем эксперименте мы использовали несколько видов синтезированных композитов, имеющих в своем составе около 80-90% массы проводящего компонента, и примерно 10-20% массы упругого.

В качестве проводящего компонента мы использовали:

- LSMO – манганит $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, 6, 3 г/см³
- GeO_2 – оксид германия IV, [2,3]
- $\alpha\text{-Fe}$ – ультрадисперсные частицы альфа-железа, 7, 8 г/см³

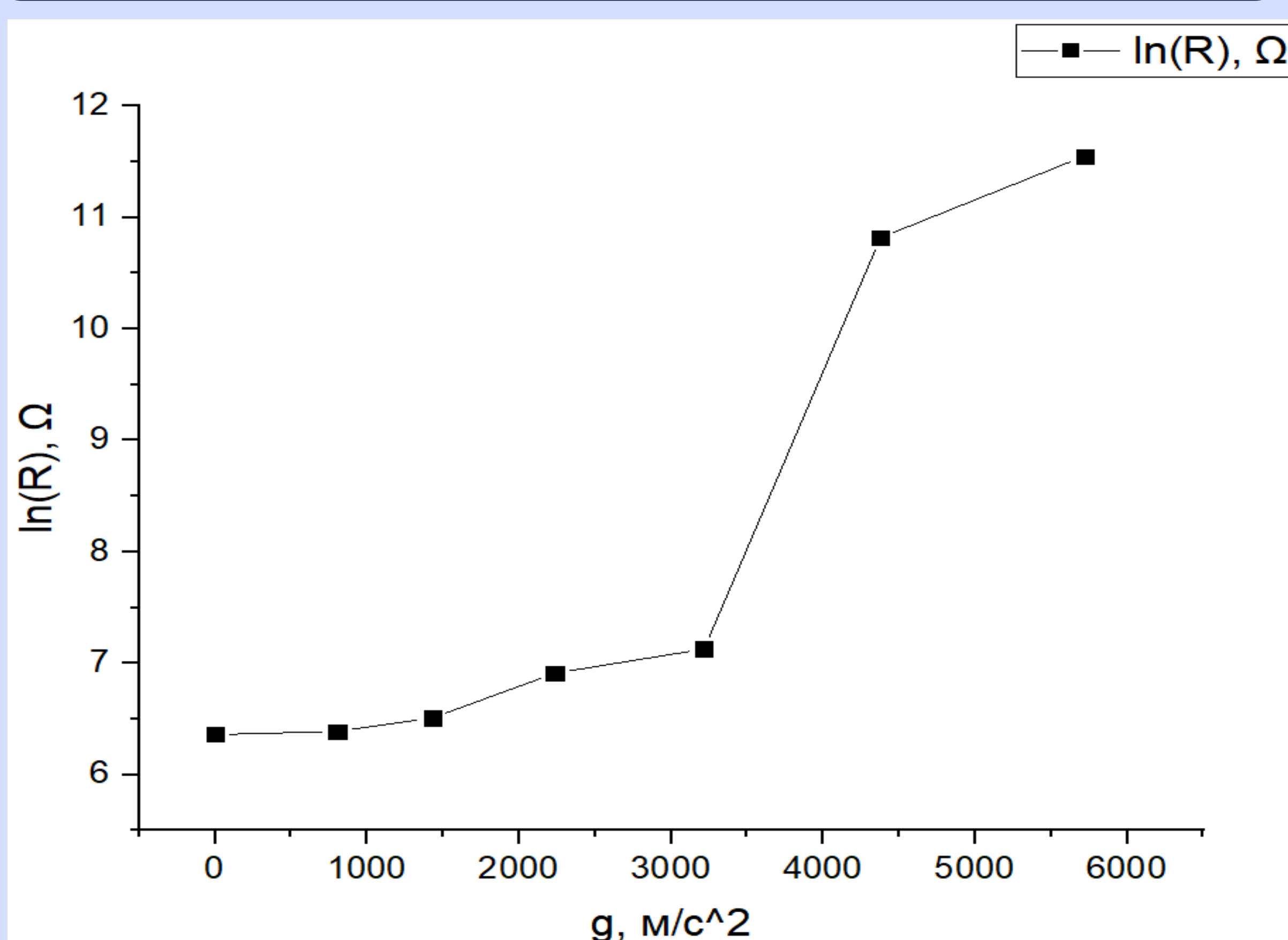
В качестве упругого компонента мы использовали:

- LDPE – полиэтилен низкой плотности, 0,9 – 1,2 г/см³

Примеры составов:

- 80% LDPE/ 20% LSMO
- 80% LSMO/ 20% GeO_2
- LSMO 70%/ $\alpha\text{-Fe}$ 20%/ LDPE 10%

Рис. 6. Зависимость электрического сопротивления образца 80%LDPE/20%LSMO после воздействия ускорений.



Выводы

- При максимальных оборотах для керамических образцов 80% LSMO/ 20% GeO_2 не наблюдалось изменений электрического сопротивления R при всех значениях ускорений. Это позволяет надеяться на использование такой керамики в экстремальных условиях.
- Для полимерных составов наблюдается нелинейное увеличение электрического сопротивления R с частичной последующей длительной релаксацией τ , при которой не происходит возвращение к начальным значениям.
- В изученных образцах с органической матрицей, скорее всего, наблюдается расслоение компонентов по их плотности, что и приводит к возрастанию электрического сопротивления R образцов.

Актуальность исследования

Как ведут себя различные композитные материалы, особенно вблизи порога спекания, при воздействии экстремальных (более 10g) ускорений? Можно отметить, что подобные ускорения близки к ударно-волновым нагрузкам.

Ранние эксперименты



Измерения электрического сопротивления R композитов в зависимости от одноосного механического давления проведены двухэлектродным методом на калиброванной установке с точностью 0.5 кПа.



Измерения электрического сопротивления проводились на приборе Ц 300.

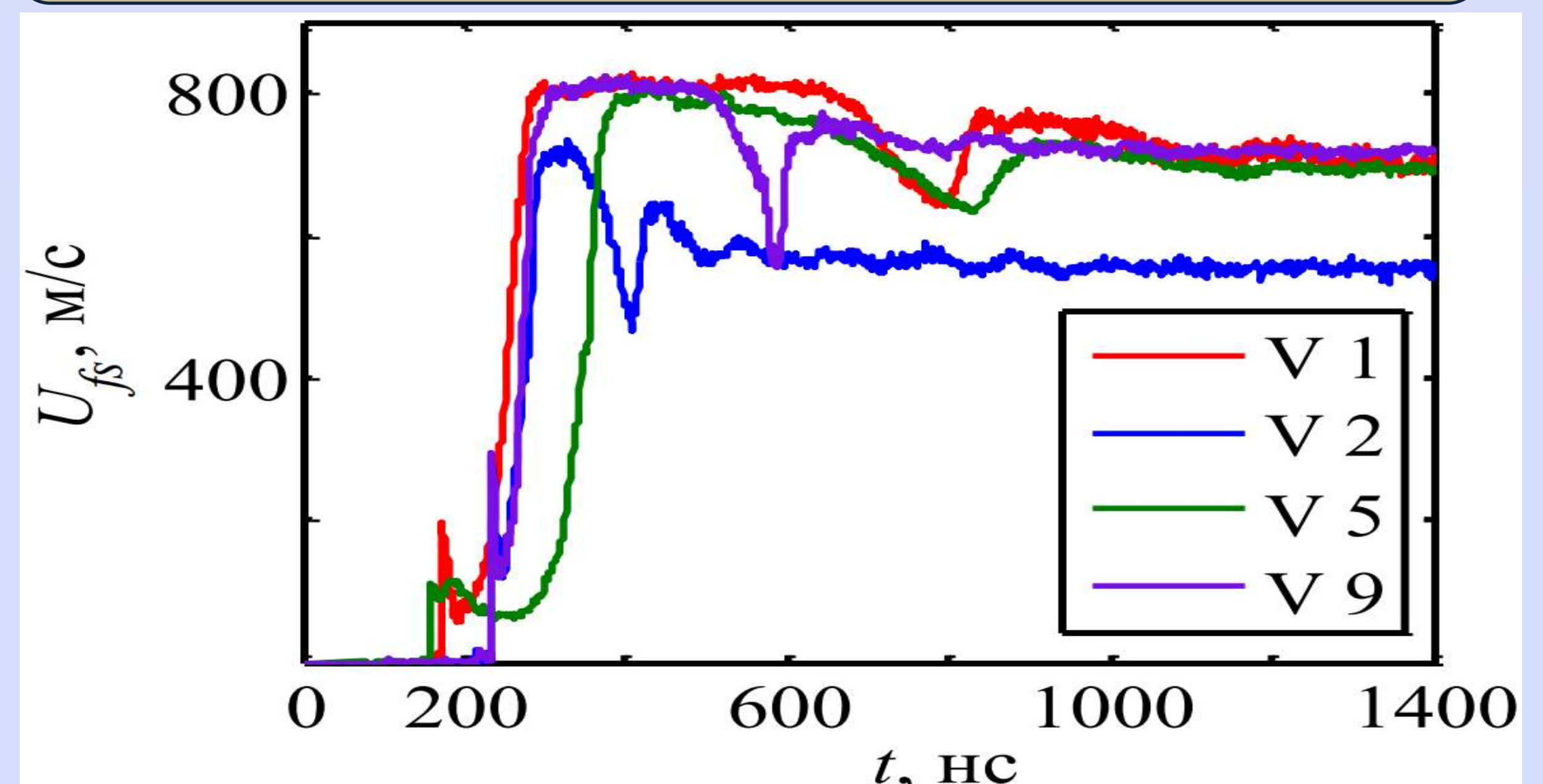
Настоящие эксперименты

Для изучения экстремальных ускорений была использована центрифуга ЦЛН-2. При максимальных оборотах 8000 об/мин образцы подвергались воздействию центробежного ускорения около 5500g.

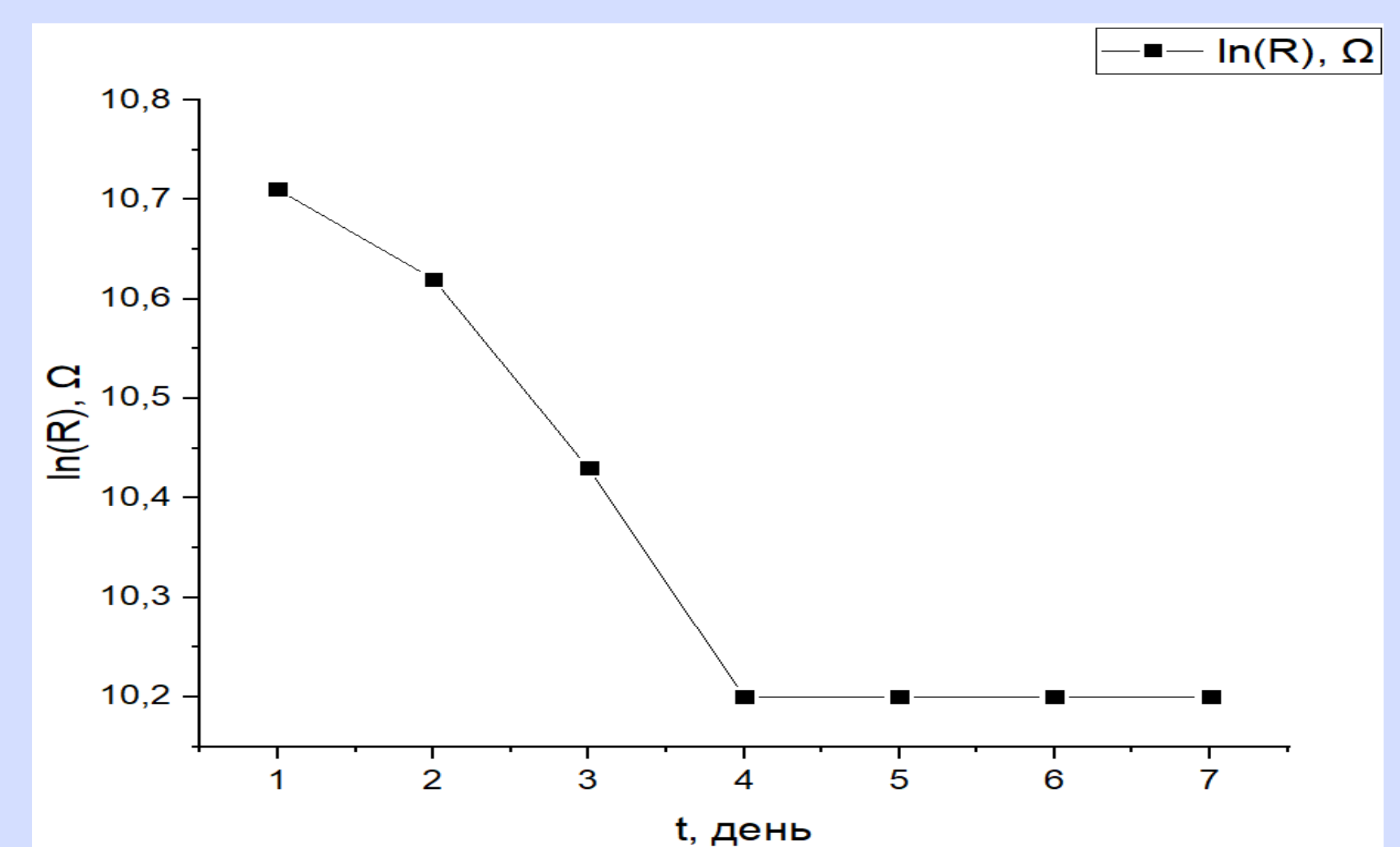
Диапазон оборотов: от 3000 до 8000 об/мин, с шагом 1000 об/мин. Регулировка вручную.



Литературные данные: на рисунке показано изменение скорости при ударно-волновом воздействии, согласно работе [3], порядок ускорения 10^9 м/с²!



Зависимость электрического сопротивления образца 80% LDPE/ 20% LSMO от времени после воздействия с ускорением около 5500g.



Литература

1. H. Y. Hwang, S.-W. Cheong, N. P. Ong, and B. Batlogg // Spin-Polarized Intergrain Tunneling in $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ // Phys. Rev. Lett.-1996.-V. 77.-№ 10.- P. 2041-2044, <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.77.2041>
2. Кабилов Ю.В., Богатин А.С., Сидоренко Е.Н., Пьезорезистивность и магниторезистивность полимерных композитов на основе манганита $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ // Письма о материалах. 2019. Вып. 9. № 2. С. 223-227. <https://lettersonmaterials.com/Upload/Journals/15201/223-227.pdf>
3. Баяндин Ю.В., Наймарк О.Б., Уваров С.В. Структурно-скейлинговые переходы при динамических и ударно-волновых нагрузках в твердых телах // Физика экстремальных состояний вещества. 2008. Черноголовка. 2008. С. 122-124.