

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ УПРУГОГО МАТЕРИАЛА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Введение

Целью работы является установление зависимости растяжимости упругого материала от температуры и, как следствие, построение прогноза деформации в зависимости от силы натяжения и температуры в достаточно широких пределах.

В работе [1] были описаны процессы деформации упругих материалов и предсказание нейронными сетями момента разрыва образцов при конкретных значениях температур. В работе [2] проводились аналогичные исследования, но при разных скоростях деформации. В нашей работе, помимо этого, исследуется зависимость растяжения образца при любых температурах в заданном диапазоне и строится прогноз поведения материала при произвольной температуре на основе деформации при некоторых конкретных значениях температуры.

Исследование арамидной нити

Эксперименты проводились над арамидной нитью при температурах от 100 до 300 °С с шагом в 50 °С. На универсальной измерительной установке Instron устанавливался образец и растягивался с постоянной скоростью относительно верхнего зажима в 100мм/мин. В зависимости от температуры результаты экспериментов представляли собой кривые растяжения. Данная диаграмма отражает зависимость между удлинением и напряжением, возникающим внутри испытуемого образца при разных температурах.

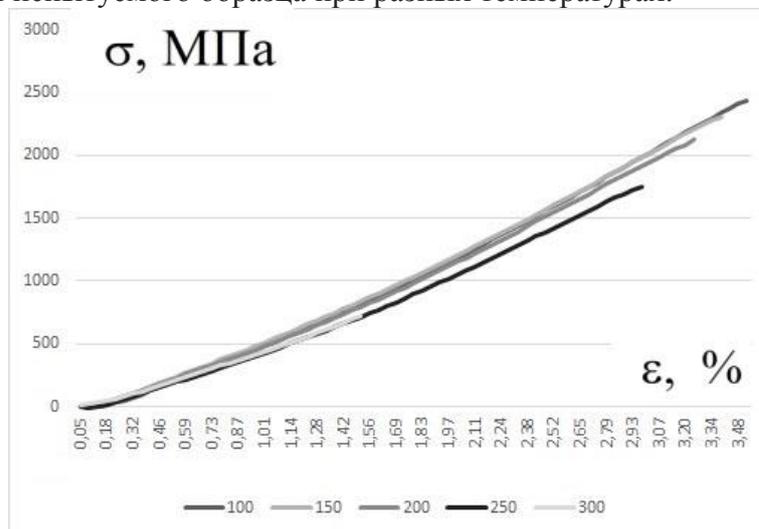


Рис 1. Зависимость напряжения, возникающего внутри образца, от относительного удлинения

Упругие свойства различных материалов трудно прогнозировать, в связи с их сложным механическим поведением. Для решения подобных задач применяют нейронные сети в силу их адаптивности и устойчивости к погрешностям в данных [3].

Посредством нейронной сети удалось вывести функцию отображающей динамику растяжения для конкретной температуры, используя персептрон с двумя нейронами для аппроксимации результатов измерений [4]. На первом этапе работы с помощью зависимости вида $\sigma(\epsilon) = c_1 \text{th}[a_1(\epsilon - x_{c1})] + c_2 \text{th}[a_2(\epsilon - x_{c2})]$ удалось достаточно точно

аппроксимировать зависимость напряжения от относительного удлинения. Здесь ϵ - относительное удлинение, а $\sigma(\epsilon)$ - соответствующее ему напряжение. Коэффициенты $a_{1,2}$, $c_{1,2}$ и $x_{c1,2}$ искались из условия минимума среднеквадратичной ошибки. Как результат, мы получили график зависимости напряжения от относительного удлинения.

Второй этап заключался в определении зависимости каждого из коэффициентов от температуры материала. Мы использовали полученные коэффициенты функции $\sigma(\epsilon)$ для каждой из температур, а также новую нейронную сеть с 1 нейроном. Для этой задачи использовали зависимость вида $G(T) = c_3 - c_4 \text{th}[a_3(T-x_{c3})]$. Где T - температура материала. Коэффициенты функции $G(T)$ по-прежнему искались из условия минимума функционала ошибки.

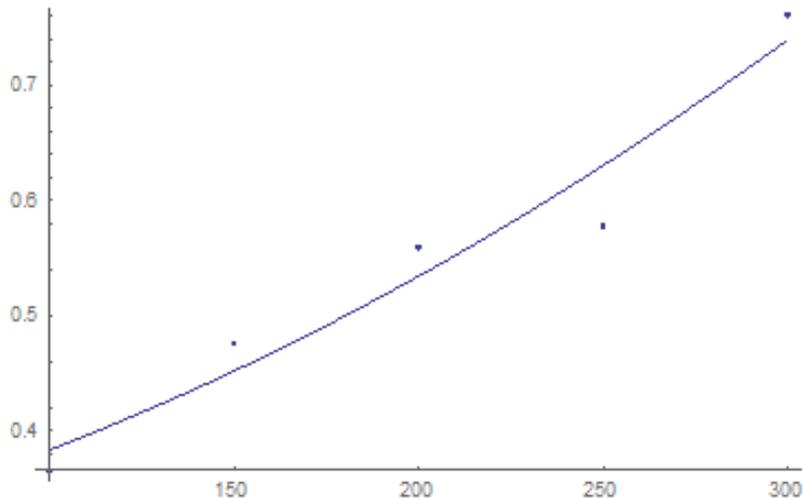


Рис.2 Пример зависимости коэффициента a_1 функции $\sigma(\epsilon)$ от температуры.

На третьем этапе применения нейронных сетей мы использовали персептрон с одним нейроном для аппроксимации зависимости координат точек разрыва от температуры. Её график представлен ниже.

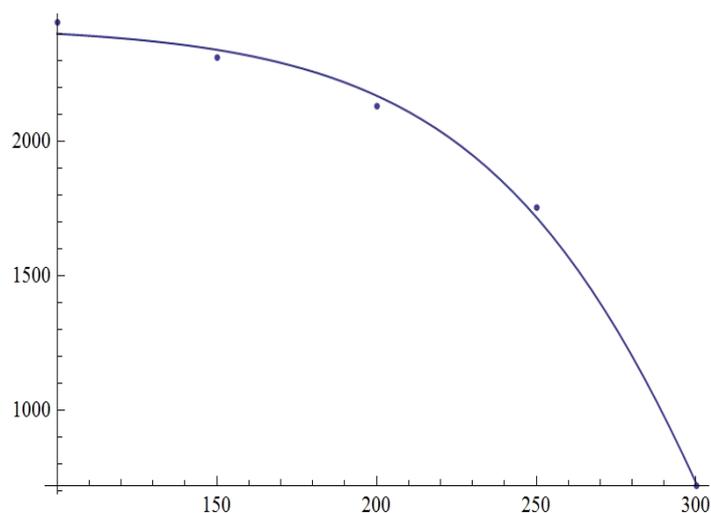


Рис.3 График зависимости координат точек разрыва от температуры

Заключение

В результате мы вывели функцию, позволяющую найти критическую температуру, при которой напряжение разрыва на образце обращается в ноль, то есть температуру, при которой образец расплавляется. В лабораторных исследованиях при данной нагрузке, нить теряет

упругие свойства при схожей температуре, следовательно, нахождение функции нейронными сетями дает достаточно точный прогноз [5].

Данные исследования дают возможность предсказывать поведение материала при изменении механических характеристик с помощью определенной методики, которая основана на построении зависимости напряжения, возникающее внутри образца, от относительного удлинения при растяжении упругого материала в зависимости от температуры испытания в виде соответствующей нейросетевой аппроксимация. В современных условиях стало необходимо учитывать влияние температурных климатических изменений на длительность безопасной эксплуатации разнообразных материалов и их износ [6,7]. В наших исследованиях проведенные температурные «нагрузки» образцов позволяют нам осуществить своеобразное «старение» материалов с построением модели прогнозирования деформации материала нити при ее растяжении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bolgov I., Kaverzneva T., Kolesova S., Lazovskaya T., Stolyarov O., Tarkhov D. Neural network model of rupture conditions for elastic material sample based on measurements at static loading under different strain rates// Journal of Physics: Conference Series V. 772 <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/772/1/012032>
2. Filkin V., Kaverzneva T., Lazovskaya T., Lukinskiy E., Petrov A., Stolyarov O., Tarkhov D. Neural network modeling of conditions of destruction of wood plank based on measurements// Journal of Physics: Conference Series V. 772 <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/772/1/012041>
3. Alexander Vasilyev, Dmitry Tarkhov, Ivan Bolgov, Tatyana Kaverzneva, Svetlana Kolesova, Tatyana Lazovskaya, Evgeniy Lukinskiy, Alexey Petrov, Vladimir Filkin MULTILAYER NEURAL NETWORK MODELS BASED ON EXPERIMENTAL DATA FOR PROCESSES OF SAMPLE DEFORMATION AND DESTRUCTION// Selected Papers of the First International Scientific Conference Convergent Cognitive Information Technologies (Convergent 2016) Moscow, Russia, November 25-26, 2016 p.6-14 <http://ceur-ws.org/Vol-1763/paper01.pdf>
4. D. Aranda-Iglesias, G. Vadillo, J.A. Rodríguez-Martínez, K.Y. Volokh. Modeling deformation and failure of elastomers at high strain rates // Mechanics of Materials, Volume 104, January 2017, Pages 85–92 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167663616303933>
5. Gérard-Philippe Zéhil, Henri P. Gavin. Unified constitutive modeling of rubber-like materials under diverse loading conditions // International Journal of Engineering Science, Volume 62, January 2013, Pages 90–105 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020722512001759>
6. Каверзнева Т.Т., Смирнова О.В. Влияние износа строительного оборудования и ручного инструмента на условия труда рабочих // Безопасность в техносфере. – 2013. - №3 (42), май-июнь, – С. 14-18.
7. Ефремов С.В., Каверзнева Т.Т., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование в охране труда – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 136 с.