

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

М 619

P10-88-274

О.К.Минко, О.К.Нефедьев, В.А.Скуратов

**СИСТЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ИЗУЧЕНИЮ
МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ОБЛУЧЕННЫХ МЕТАЛЛОВ**

1988

В ядерной энергетике уделяется особое внимание исследованиям радиационной стойкости материалов и прежде всего их механическим свойствам. При этом свойства облученных металлов изучаются по данным кратковременных испытаний на растяжение с постоянной скоростью деформирования. В этом случае измеряется напряжение как функция деформации $\sigma = f(\epsilon)$. Кроме того, при испытаниях материалов регистрируется и другая информация: плотность потока частиц, доза облучения, температура образцов.

Изучая изменение параметров этих зависимостей от условий облучения и испытаний, можно получить информацию о характере процессов, происходящих на микроуровне в исследуемом материале.

Регистрация данных на испытательных машинах производится, как правило, с помощью самописцев. Поскольку ручная обработка полученных зависимостей представляет собой весьма трудоемкую задачу, возникает необходимость разработок автоматизированных систем сбора и обработки данных /1/.

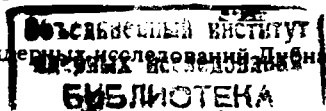
В настоящей работе описывается автоматизированная система сбора, накопления и обработки информации, получаемой в ходе экспериментов по изучению механических свойств облученных металлов.

Рассматриваемая система состоит из испытательной машины INSTRON-1121 и разработанного измерительного физического модуля на базе микроЭВМ MERA-60/45, аппаратуры в стандарте КАМАК и проблемно-ориентированного программного обеспечения "РИПС".

Блок-схема этой системы представлена на рис.1. По ней можно в общем виде проследить за этапами измерения, накопления и предварительной обработки регистрируемой информации.

Аналоговые сигналы с выходов датчиков испытательной машины, устройств диагностики пучков ионов (Φ) и блока контроля температуры образцов (T) представляют собой медленно меняющиеся напряжения. Их амплитуды находятся в диапазоне $0 \div 10$ В, а максимальная скорость изменения 10 В за 10^{-1} с.

Измерение значений амплитуд сигналов и их временной зависимости обеспечивается 11-разрядным АЦП интегрирующего типа и таймером. Точность преобразования аналоговых сигналов составляет 0,05%, а интегральная погрешность измерения временного интервала не более 0,1%. Минимальный временной шаг между последовательными измерениями равен 0,1 с. Данные накапливаются в буфере ЭВМ в режиме прерываний. Емкость буфера данных составляет 4Кслов.



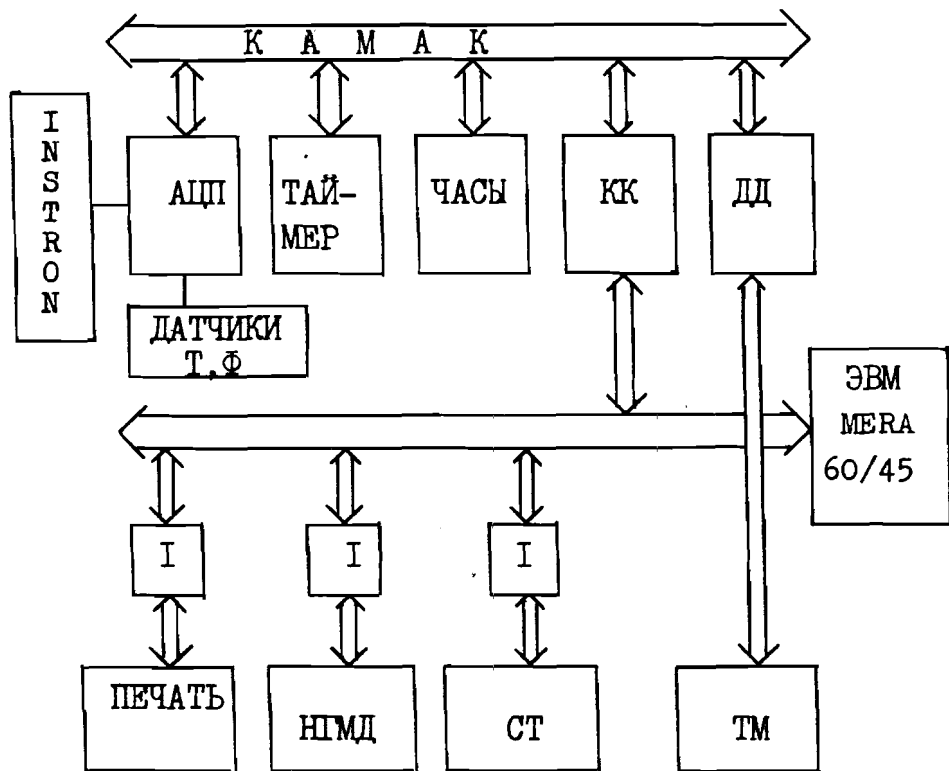


Рис.1. Блок-схема системы сбора и обработки информации. КК – контроллер крейта, ДД – драйвер дисплея, НГМД – накопитель на гибких магнитных дисках, СТ – системный терминал, ТМ – телевизионный монитор.

Разработанный программный пакет "РИПС" обеспечивает:

- 1) сбор и накопление информации с датчиков испытательной машины, устройств диагностики пучков ионов и блока контроля температуры образцов;
- 2) диалог (интерактивное взаимодействие) экспериментатора с ЭВМ;
- 3) экспрессное изображение информации на экране дисплея;
- 4) диагностику работы системы;
- 5) предварительную обработку накапливаемой информации.

Алгоритм обработки данных кратко описан ниже.

Как известно, в зависимости от типа кристаллической решетки, а также от структурного состояния материала и условий испытания диаграммы напряжение – деформация делятся на два типа ^{1/2}. Для первого типа характерен плавный переход от упругой деформации

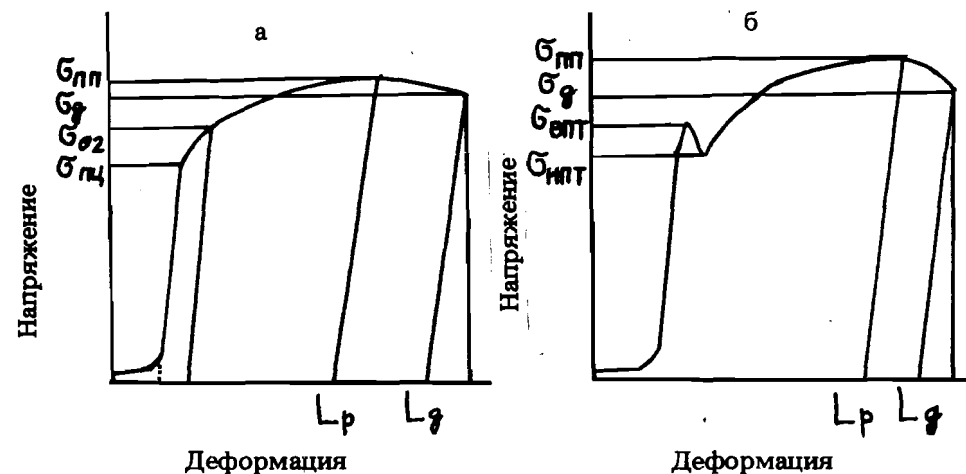


Рис.2. Диаграммы напряжение – деформация (схема). Обозначения в тексте.

к пластической (рис.2а), для второго типа наблюдается так называемый "зуб" текучести (рис.2б). В зависимости от типа диаграммы и выбирается режим обработки информации.

При этом определяются следующие параметры (рис.2 а, б):

- 1) $\sigma_{пц}$ – предел пропорциональности;
- 2) σ_{02} – условный предел текучести (для диаграмм первого типа);
- 3) $\sigma_{впт}$ – верхний предел текучести (для диаграмм второго типа);
- 4) $\sigma_{нпт}$ – нижний предел текучести (для диаграмм второго типа);
- 5) $\sigma_{пл}$ – предел прочности, соответствующий напряжению наибольшей нагрузки, предшествующей разрушению образца;
- 6) $\sigma_{д}$ – напряжение разрушения образца;
- 7) l_p – равномерное относительное удлинение, т.е. отношение абсолютного удлинения образца до образования шейки к его начальной длине;
- 8) l_d – общее относительное удлинение, т.е. отношение абсолютного удлинения образца к его начальной длине;
- 9) a_1, a_2 – коэффициенты, описывающие диаграмму в начальной области пластической деформации, (при отсутствии "зуба" текучести) в предположении, что зависимость $\sigma(\epsilon)$ имеет следующий вид:

$$\sigma(\epsilon) = \sigma_{пц} + a_1 \cdot (\epsilon - \epsilon_{пц})^{a_2} .$$

При обработке диаграмм важно корректно определить тангенс угла наклона прямолинейного участка и его границы. Поиск линейной области проходит в два этапа.

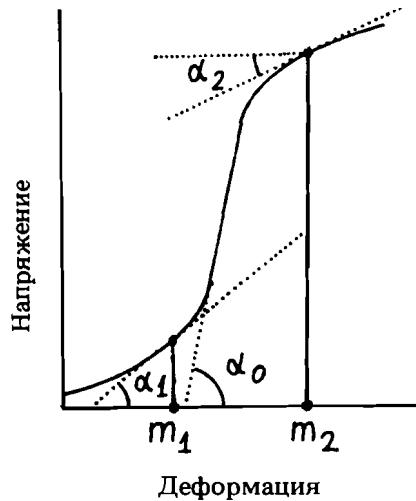


Рис.3. Линейный участок диаграммы напряжение - деформация (схема). Обозначения в тексте.

На первом этапе грубо ограничивается область поиска. Точки m_1 и m_2 выбираются в качестве границ линейной области, если для них выполняются условия $\text{tg}(\alpha_1) < 0.4 \cdot \text{tg}_{\max}(\alpha)$ и $\text{tg}(\alpha_2) < 0.4 \cdot \text{tg}_{\max}(\alpha)$, где $\text{tg}_{\max}(\alpha)$ — максимальное найденное значение угла наклона касательной (рис.3).

На втором этапе уточняется значение $\text{tg}(\alpha_0)$, равное $d\sigma/d\epsilon$ на линейном участке, и исходя из полученного значения находятся границы линейного участка. При этом каждой i -й точке ранее определенного участка ставится в соответствие значение

$$(d\sigma/d\epsilon)_i = \frac{\sigma_{i+n} - \sigma_{i-n}}{(2 \cdot n + 1) \cdot \Delta\epsilon},$$

где $2(n+1)$ — шаг дифференцирования, $\Delta\epsilon$ — относительное удлинение образца за время между двумя последовательными измерениями, постоянное в течение всего испытания. Для нахождения производной $(d\sigma/d\epsilon)_i$, соответствующей линейному участку, проводится анализ распределения $(d\sigma/d\epsilon)$. Определяются суммы S_j ($j = 1, \dots, 10$):

$$S_j = \sum (d\sigma/d\epsilon)_i \cdot b_i,$$

где $b_i = \begin{cases} 1, & (j+9) \cdot D/20 < (d\sigma/d\epsilon)_i < (j+10) \cdot D/20; \\ 0, & (j+9) \cdot D/20 > (d\sigma/d\epsilon)_i \text{ или } (j+10) \cdot D/20 < (d\sigma/d\epsilon)_i; \end{cases}$

а D — максимальное значение $(d\sigma/d\epsilon)$. Значение $S_j = S_{\max}$ считается соответствующим линейной области. Здесь используется тот факт, что $(d\sigma/d\epsilon)$ максимально на линейном участке. Тогда значение производной, соответствующей линейному участку, равно

$$(d\sigma/d\epsilon)_1 = S_{\max} / N,$$

где N — число производных, давших вклад в S_{\max} .

Далее производится уточнение границ линейного участка диаграммы. При этом линейная область ограничивается точкой, начиная с которой условие $(d\sigma/d\epsilon)_i < 0.95 \cdot (d\sigma/d\epsilon)_1$ выполняется для $(2n+1)$ последовательно стоящих точек.

Для определения $\text{tg}(\alpha_0)$ и ϵ_0 производится подгонка прямой на выбранном участке по методу наименьших квадратов с использованием программы "FUMILI".

Напряжение, при котором происходит разрушение образца (σ_d), определяется из условия

$$\sigma_d \leq (1 - 2/k) \cdot \left(\sum_{j=d-k+1}^d \sigma_j \right) / k,$$

где $k=10$.

Верхний предел текучести $\sigma_{\text{впт}}$ определяется как первый максимум после линейного участка, а нижний предел текучести $\sigma_{\text{нпт}}$ как минимум после $\sigma_{\text{впт}}$.

Предел прочности ($\sigma_{\text{пн}}$) равен максимальному значению величины $\sigma \cdot (1 + \delta)$, где δ — пластическое удлинение образца, отнесенное к начальной длине.

Равномерное удлинение $l_p = \delta$ для $\sigma_{\text{пн}}$, и $l_d = \delta$ для σ_d . Точное определение $\sigma_{\text{пн}}$, l_p , l_d требует дополнительной информации, и получаемые значения могут рассматриваться лишь как ориентировочные.

Константы a_1 , a_2 определяются путем подгонки экспериментальных точек по методу наименьших квадратов с использованием программы "FUMILI".

Описанное программное обеспечение занимает 24Кслов оперативной памяти ЭВМ, содержит 40 директив управления и обработки.

Система находится в опытной эксплуатации со второй половины 1987 г. и применяется в экспериментах по изучению радиационного упрочнения металлов, облученных высокоэнергетическими тяжелыми ионами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ибрагимов Ш.Ш. и др. Препринт ИЯФ АН КазССР 5-81, Алма-Ата, 1981.
2. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. Часть 2. М.: Машиностроение, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 апреля 1988 года.