

Автоматизированная информационная система механических испытаний в образовательном процессе

Димов Алексей Александрович

*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина
аспирант*

Итченко Ольга Сергеевна

*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина
аспирант*

Макеев Даниил Олегович

*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина
Студент*

Малинина Надежда Аркадьевна

*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина
научный руководитель, д.т.н., профессор*

Аннотация

В статье рассматриваются возможности развиваемой автоматизированной информационной системы механических испытаний (АИСМИ), вопросы применения ее в образовательном процессе, приведен конкретный опыт научных исследований и разработок, выполненный коллективами кафедр «Информационные технологии и математика» и «Инженерная графика и механика» совместно с аспирантами и студентами с использованием автоматизированного комплекса (АИСМИ).

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, механические испытания, структурно-аналитическая мезомеханика, методы неразрушающего контроля, метод магнитной памяти металла, материалы с эффектом памяти формы.

Automated information system of mechanical testing in the educational process

Dimov Aleksei Aleksandrovich

*Orlovskiy state agrarian university of the name N.V. Parahina
graduate student*

Itchenko Olga Sergeevna

*Orlovskiy state agrarian university of the name N.V. Parahina
graduate student*

Makeev Daniil Olegovich

*Orlovskiy state agrarian university of the name N.V. Parahina
student*

Malinina Nadezhda Arkadevna

*Orlovskiy state agrarian university of the name N.V. Parahina
scientific leader, doctor technical of sciences, professor*

Abstract

The article discusses the possibility of developing an automated information system of mechanical testing (ASMI), questions its application in the educational process, the specific experience of scientific research and development made by the staff «Information technologies and mathematics» and «Engineering graphics and mechanics», together with graduate and undergraduate students using the automated system (ASMI).

Keywords: automated information system, mechanical testing, structural-analytical mesomechanics, non-destructive testing methods, the method of metal magnetic memory, materials with shape memory effect.

Введение

Развитие экспериментальной физики твердого тела, материаловедения и металлургии, появление материалов с принципиально новыми, ранее неизвестными свойствами, возникновение новых инженерных задач, требующих прецизионного прогноза свойств, потребность в анализе поведения материалов при нетривиальных, нередко экстремальных способах воздействия и ряд других обстоятельств, требуют в настоящее время создания и развития более совершенных, по сравнению с известными, методологических подходов, использующих достижения современных компьютерных технологий.

Рассматривая задачи науки о прочности, можно выделить три основные проблемы: выявление и изучение физических механизмов деформации и разрушения, создание адекватных методов описания явлений, включая физические и инженерные аспекты и, наконец, наука о прочности должна предложить рецепты по созданию материалов с заданным уровнем физико-механических свойств. Современные достижения физики прочности и пластичности, механики деформируемого твердого тела позволяют поставить вопрос о целесообразности и возможности теоретического конструирования материалов с заданным комплексом физико-механических свойств.

Сдерживающим фактором в решении рассматриваемой проблемы долгое время было отсутствие единого методологического подхода, который естественным образом объединил бы достижения обозначенных выше дисциплин, позволяя увязывать строение вещества с его физико-механическими свойствами.

Фундаментальной научной базой компьютерного конструирования материалов конструкционного назначения служит, на наш взгляд,

структурно-аналитическая мезомеханика материалов, основанная на концепции одновременного многоуровневого пластического течения, обратимых мартенситных превращений и микроразрушений [1,4,5,6].

Результативным направлением для решения обсуждаемой проблемы представляется развитие структурно-аналитической мезомеханики материалов, которая рассматривает деформируемое твердое тело как многоуровневую самоорганизующуюся систему [1,6]. В то же время, базы данных по функционально-механическому поведению рассматриваемых материалов, а также соответствующей автоматизированной информационной системы (АИС) для их изучения не создано. Препятствием для внедрения АИС в этой области являются, на наш взгляд, два принципиальных момента. Во-первых, необходимо преодолеть психологический барьер, обусловленный нетривиальным функционально-механическим поведением интеллектуальных материалов, когда неприменим подход к автоматизации испытаний только как к обработке на ЭВМ результатов механических экспериментов, либо теоретических расчетов в области традиционных моделей механики. Во-вторых необходимо создание синтезирующей научной методологии, которая естественным образом объединяла бы основные достижения физики деформации и разрушения, материаловедения, кристаллографии, термодинамики фазовых превращений и других сопутствующих дисциплин с аналитическими методами механики сплошных сред в частности механики деформируемого твердого тела на основе использования достижений современных компьютерных технологий. Такие научные направления в настоящее время интенсивно развиваются и им посвящаются многочисленные международные конференции и симпозиумы [2]. Рассмотрим направления НИР выполняемые коллективом школы «Структурно-аналитическая мезомеханика».

Прочностная и технологическая диагностика изделий с концентраторами напряжений

Большие возможности для создания оперативных методик оценки внутренних напряжений в локальной зоне геометрических концентраторов, эволюции повреждаемости структуры стальных изделий, содержит метод магнитной памяти металлов. Данный метод был создан д.т.н., профессором Дубовым А.А. в ООО «Энергодиагностика». Созданы оригинальные приборы для измерения собственного магнитного поля, возникающего в зонах структурных концентраторов, а также сформулированы критерии оценки качества стальных материалов и критерии деградации прочностных свойств в процессе эксплуатации изделий. Развитие данного метода позволяет ввести тензорные параметры структуры материала, оценить уровень внутренних напряжений возникающих в зонах структурных концентраторов.

Разработанные на кафедрах «Инженерная графика и механика» и «Информационные технологии и математика» Орловского государственного аграрного университета под руководством профессоров – д.ф.-м.н. В.Г.

Малинина и д.т.н. Н.А. Малининой методы структурно – аналитической мезомеханики разрушения опираются на использование тензорных моделей собственного магнитного поля рассеяния [4,6]. Целью является создание критериев разрушения стальных изделий, содержащих зоны геометрических концентраторов напряжений.

В процессе выполнения работы была создана методика проведения испытаний, сбора и обработки экспериментальных данных, с целью определения структурно-механических характеристик объекта контроля при непрерывном нагружении, и формулирован локальный критерий разрушения для стальных изделий с макроконцентраторами напряжений.

Практическая значимость работы определяется созданием новой методики прочностной оценки сельскохозяйственного, энергетического и машиностроительного оборудования. В проекте решена задача разработки методики мониторинга параметров собственного магнитного поля рассеяния стальных пластин с трещинами и их прочностная диагностика при растяжении.

Теоретическая значимость и новизна исследований обусловлена использованием современных методов мезомеханики разрушения, новых достижений методов неразрушающего контроля структурного состояния материалов. В результате выполнения работы автором созданы чертежи основных частей установки для структурных испытаний и предложена модификация привода и новая конструкция захватов с целью повышения производительности научно-исследовательской работы на установке.

Инвестиционная привлекательность заключается в том, что результаты работы на хоздоговорной основе могут быть востребованы для оперативной оценки остаточного ресурса ответственных элементов конструкций в процессе их эксплуатации.

Экспериментальные и теоретические исследования материалов с эффектом памяти формы в процессе сложного нагружения

Отличительной особенностью материалов, обладающих эффектом памяти формы, является их способность восстанавливать значительные неупругие деформации. Для них типично наличие двух состояний: высокотемпературного и высокосимметричного (аустенитного), а также низкотемпературного и низкосимметричного (мартенситного), различающихся кристаллической структурой. В процессе фазовых превращений при переходе из одного состояния в другое, у такого рода материалов могут проявляться свойства такие, как, например, пластичность превращения, возврат накопленных неупругих деформаций, резиноподобная упругость и т.д. К таким материалам относятся сплавы на основе никелида титана, нашедшие широкое применение в машиностроении, космической технике, медицине [5].

Экспериментальные и теоретические исследования поведения материалов, обладающих эффектом памяти формы при сложном нагружении являются актуальными [5].

При проведении экспериментально-теоретических работ данных направлений научных исследований возникла потребность в создании автоматизированной информационной системы научных испытаний (АИСМИ) [2,3], которая позволит решать задачи междисциплинарного характера.

В настоящее время над созданием такой системы работают коллективы кафедр «Информационные технологии и математика» и «Инженерная графика и механика». В Орловском государственном аграрном университете имени Н.В. Парахина проводятся работы по созданию автоматизированной информационной системы механических испытаний (АИСМИ), базирующейся на возможностях среды проектирования LabVIEW и ориентированной на объекты с нетривиальными свойствами в условиях сложного термомеханического воздействия, в том числе и на материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ) и конструкций на их основе.

Структурная схема автоматизированной информационной системы экспериментальных исследований представлена на рисунке 1.

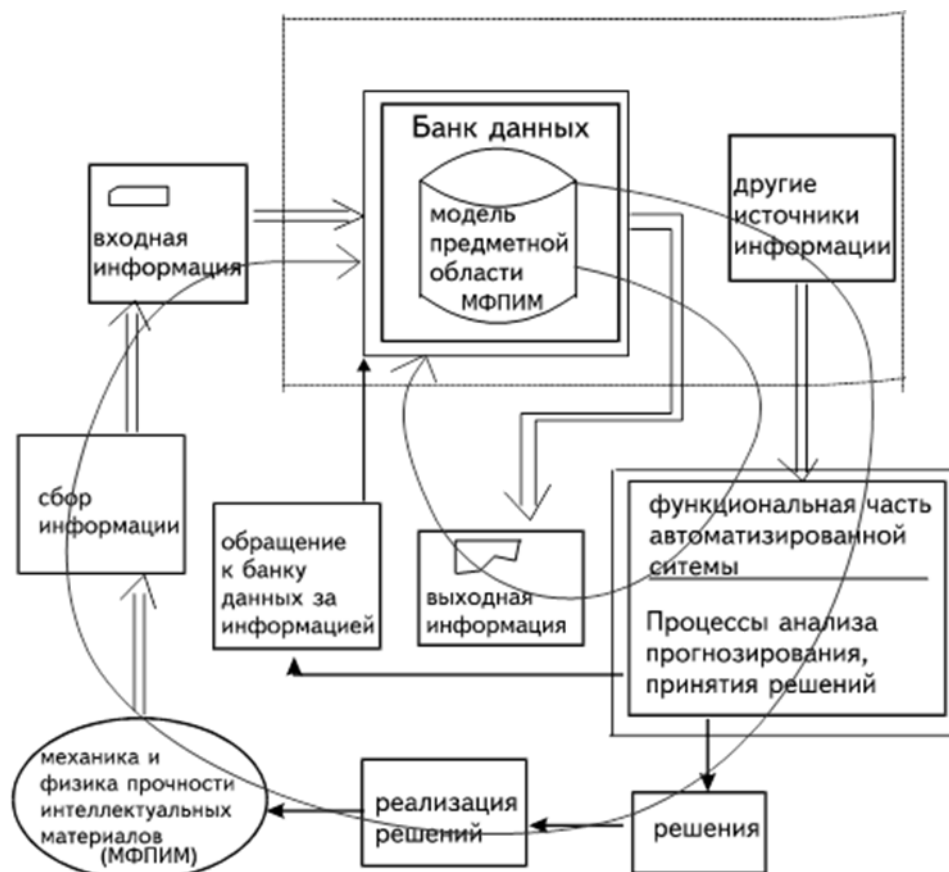


Рисунок 1–Структурная схема автоматизированной информационной системы экспериментальных исследований

Современная автоматизированная информационная система для испытаний представляет собой сложную автоматическую систему, в общем случае включающую: вычислительную систему, специальное оборудование и оснастку, стенд для испытаний, документацию для обеспечения работ и

проведения испытаний. Автоматизированные рабочие места испытателей (АРМИ) реализуются на ПЭВМ и служат для предоставления испытателям пользовательских интерфейсов работы с функциями АИС. При этом испытателям к общему вычислительному сервису АРМИ относят: визуализацию и документирование информации, пользование электронными справочниками, словарями и электронной базой нормативной, рабочей и руководящей информации для испытаний [2,3].

Стенды для испытаний АИСМИ предназначаются для конкретных видов испытаний и включают: рабочее помещение для испытаний, испытательную установку, пульт управления, коммуникационные и обеспечивающие каналы рабочего помещения, приспособления и специальную оснастку для размещения объекта испытаний, средства обеспечения рабочей среды испытаний и т.п.

Для структурно-механических испытаний применялся оригинальный универсальный комплекс СНК-ЭВМ предназначенный для проведения испытаний на чистое растяжение образцов различных форм и размеров и изделий из металла, а также других материалов в пределах технических возможностей машины. Машина обеспечивает проведение физико-механических испытаний на растяжение при нормальной температуре и позволяет автоматически регистрировать диаграмму растяжения в координатах $P-\Delta l$ и $\sigma-\varepsilon$ [4,6]. Универсальная машина СНК относится к классу машин для механического нагружения, оснащенных электронными силоизмерителями и позволяющими задавать осевую нагрузку по любой программе.



Рисунок 2 – Универсальный автоматизированный комплекс механических испытаний СНК-ЭВМ

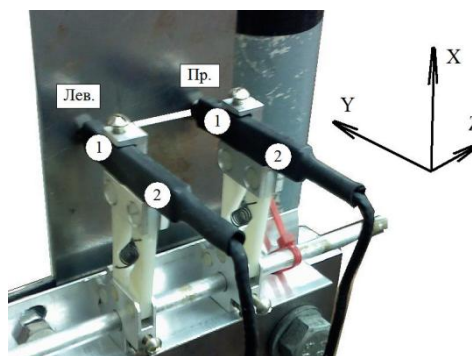


Рисунок 3 – Расположение осей и феррозондов на 12-ти компонентном датчике магнитометра

Для проведения экспериментальных исследований на сложное нагружение применялась оригинальная универсальная испытательная машина СНТ (рисунок 4), выполненная на базе прессы ОМ30М и предназначенная для проведения исследований на трубчатых тонкостенных металлических образцах в условиях сложного нагружения [5]. Задача заключалась в исследовании механического поведения материалов с

эффектом памяти формы (Cu 12%Al 4%Mn, Ti50%Ni) при различных сложных траекториях нагружения в поле напряжений по программам испытаний сложного нагружения при разном фазовом составе: мартенситном, аустенитном, двухфазном.



Рисунок 4 –Общий вид установки



Рисунок 5 –Основные узлы СНТ

Основные возможности испытательного комплекса УИМ СНТ-ЭВМ

Комплекс измерительно–регистрирующей аппаратуры и аппаратуры управления УИМ СНТ предназначен для автоматизации процесса измерения и управления УИМ СНТ, позволяет проводить:

- 1 комбинирование растяжения (сжатия) с кручением: осуществление произвольных траекторий нагружения в пространстве напряжений при мягком режиме нагружения;
- 2 изучение влияние скорости деформирования на свойства материала;
- 3 исследование ползучести материалов;
- 4 изучение функционально-механических свойств материала в режиме сложного нагружения при термоциклировании.
- 5 измерение значений деформаций, напряжений и температуры;
- 6 управления блоком термоциклирования;
- 7 управления блоком растяжения (осевой нагрузки);
- 8 управление блоком кручения;
- 9 экспорт измеренных величин в базу данных.

Измерительный блок содержит: динамометр измерения осевой силы и крутящего момента, датчики угловой и линейной деформации, термопару, модуль аналогового ввода ОВЕН МВА8, преобразователь интерфейса RS485-RS232 OWEN AC-3M.

Блок управления содержит: модуль дискретного вывода МУ-110, нагревательный элемент термоциклирования и поддержания постоянной температуры, вентилятор охлаждения, мотор-редуктор нагружения осевой силой, два привода нагружения крутящим моментом (Рисунок 6).

Все перечисленные приборы для удобства перемещения и соединения их в единую систему располагаются на отдельной стойке.



Рисунок 6 – Структурная схема измерительно-регистрающей аппаратуры и аппаратуры управления

УИМ СНТ оснащена интегрированной информационной системой для управления различного рода – ПО Trace Mode.

С помощью ПО Trace Mode решена проблема управления УИМ СНТ в реальном времени. Таким образом, УИМ автоматизирована с помощью программного комплекса TRACE MODE, приборов OWEN и полностью управляется с ПК. Проведение и контроль эксперимента с помощью ПО Trace Mode выполняется в реальном времени непосредственно с оборудованного рабочего места: управление всеми блоками установки (включение/отключение) производится вручную или автоматически при достижении определенной указанной величины. Все значения, фиксируемые датчиками установки СНТ, выводятся на экране ПК.

Особенности автоматизированной системы механических испытаний: 1) управление всеми блоками установки (включение/отключение) производится вручную или автоматически при достижении определенной указанной величины; 2) все значения, фиксируемые датчиками установки СНТ, выводятся на экране ПК; 3) программа производит автоматическое построение необходимых графических зависимостей; 4) регистрацию и хранение результатов измерений и видеоинформации в базе данных испытаний; 5) 3D моделирование и расчёты на прочность; 6) погрешность измерений составляет около 0,1%; 7) программируемая среда TRACE MODE позволяет создавать необходимые траектории нагружения и деформирования (Рисунок 7).

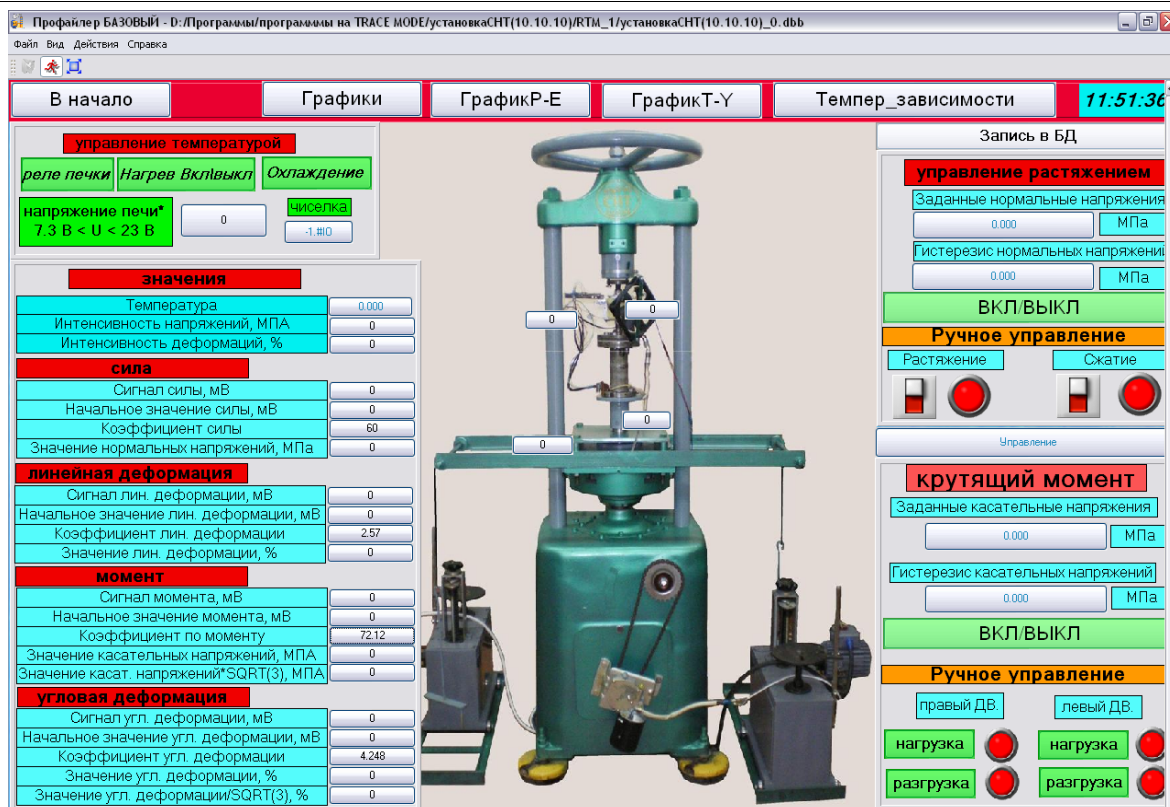


Рисунок 7 – Рабочее окно автоматизированной системы (АИСМИ)

Заключение

Применение автоматизированной информационной системы в образовательной и научно-исследовательской деятельности позволит:

- 1 проводить анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- 2 участвовать в работах по организации и проведению экспериментов на действующих объектах по заданной методике;
- 3 обрабатывать результаты экспериментальных исследований с применением современных информационных технологий и технических средств;
- 4 проведение вычислительных экспериментов с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления;
- 5 выполнять подготовку данных и составление обзоров, рефератов, отчетов, научных публикаций и докладов на научных конференциях и семинарах, участие во внедрении результатов исследований и разработок.

Важно отметить, что развиваемая автоматизированная система АИСМИ даст возможность ставить вопросы подготовки кадров высшей квалификации, а также организации процесса получения новых научных знаний в области механики и физики прочности интеллектуальных материалов, конструирования новых материалов и упрочняющих технологий

на современном уровне развития средств накопления, обработки информации и принятия решений.

Библиографический список

1. Малинина Н.А. Структурно-аналитическая теория деформации и разрушения субмикро и нанокристаллических материалов с микронапряжениями//Наноинженерия. –2012. –№5(11).–С.37–44.
2. Малинина Н.А. Информационная система компьютерного конструирования материалов в инженерном образовании// Великий Новгород– город университетский: Материалы юбилейной науч.-практ. конф. 19-20 июня 2003 г. –Великий Новгород,2003.– С.155-156.
3. Левин В.И. Информационные технологии в машиностроении / В.И.Левин. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 272 с.
4. Развитие структурно-аналитической мезомеханики разрушения для стальных тел с концентраторами напряжений/ Малинина Н.А., Малинин В.Г., Малинин В.В., Димов А.А //Проблемы прочности, пластичности и устойчивости в механике деформируемого твердого тела: материалы VIII Международного научного симпозиума, посвященного 85-летию со дня рождения профессора В.Г. Зубчанинова. Тверь. Тверской государственный технический университет, 2015. –С.172-176.
5. Экспериментальное и теоретическое исследование влияния процессов сложного нагружения на эффекты мартенситной неупругости методами структурно-аналитической мезомеханики/Малинин В.Г.,Малинина Н.А., Малинин Г.В. , Перелыгин А.И. //Проблемы прочности, пластичности и устойчивости в механике деформируемого твердого тела. Материалы VIII Международного научного симпозиума посвященного 85-летию со дня рождения профессора В.Г. Зубчанинова, Тверь. Тверской государственный технический университет, 2015.–С.59-65.
6. Структурно- аналитический подход в мезомеханике разрушения/ Малинина Н.А., Малинин В.Г., Малинин В.В., Димов А.А. // Международный научно-практический семинар «Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции». Орел. Орловский ГАУ, 2016.–С. 93.