

# Без шума и пыли

**Моделирование избавит эксперимент от побочных эффектов**

Каждый материал, с которым нам приходится иметь дело, обладает особыми, присущими только ему свойствами. И это надо учитывать в практической деятельности. Но прежде хорошо бы иметь исчерпывающую информацию об этих свойствах. Ее добывают ученые, проводя сложные исследования и эксперименты. Можно ли сделать эту работу более простой и не менее эффективной? К положительному ответу на этот вопрос близки старшие научные сотрудники Института проблем машиноведения РАН кандидаты физико-математических наук Григорий ВОЛКОВ и Никита КАЗАРИНОВ. Они занимаются созданием численных схем, позволяющих моделировать поведение различных конструкционных материалов при высокоскоростных динамических воздействиях в условиях стандартного тестового испытания. Более конкретна тема проекта, поддержанного грантом Президента РФ: "Численное моделирование стандартных тестов на динамическую прочность хрупких материалов". Молодые исследователи ответили на вопросы нашего

мя типами разрушения, достаточно вспомнить, как разбивается чашка (этот процесс хрупкий, так как чашка состоит из керамики) и как разрушается алюминиевая проволочка (вязкий процесс, сопровождаемый нагревом и пластической деформацией). Приведу другие, менее очевидные примеры. Битум, применяемый в асфальтовых смесях, разрушается хрупко при низких температурах, это особенно неприятно зимой, когда водители переходят на шипованные шины. Экспериментальные исследования показывают, что при высокоскоростных динамических воздействиях материалы способны кратковременно выдерживать нагрузки, значительно превышающие показатели их статической прочности. Сразу возникает вопрос, какова прочность материала в условиях динамического нагружения, или, иными словами, какова предельная нагрузка, которую конкретный материал может выдержать при динамическом воздействии (например, при попадании снаряда). Поэтому при проектировании различных соору-

Григорий Волков



используются, называют стандартными?

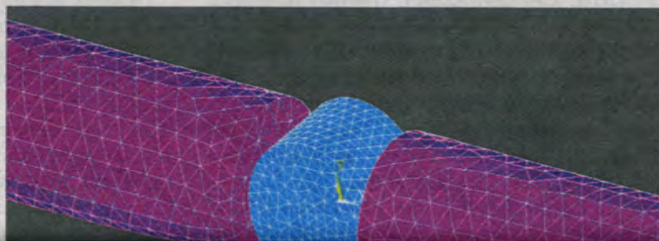
**Н.Казаринов:** - Наиболее распространенные виды динамических испытаний материалов - так называемый динамический "бразильский тест" и тест на динамическое сжатие. Цилиндрические образцы помещают между торцов двух металлических стержней. По нагружающему стержню производят выстрел ударником, который инициирует в нем волну сжимающих напряжений. Часть волны проходит через образец и

кой экспериментального оборудования предварительно просчитать возможное поведение материала и выбрать соответствующие режимы экспериментов, чтобы не тратить время на пусковые пробные испытания.

Уже создана основа численной схемы, которую мы будем использовать для моделирования динамических испытаний материала. Эта схема воплотит разработанный нашей исследовательской группой структурно-временной подход, который позволяет учитывать специфические эффекты, наблюдаемые при динамическом деформировании и разрушении материала.

- **Что вам удалось сделать такого, что не сделали другие исследователи?**

**Н.Казаринов:** - Главная особенность наших исследований состоит в том, что они позволяют предсказывать динамические свойства материалов без





**- С какими хрупкими материалами вы имеете дело? Что подразумевается под их динамической прочностью?**

**Г.Волков:** - К хрупким материалам относятся различные виды горных пород, бетон, керамика. А в механике сплошных сред процесс разрушения называется хрупким, если в материале перед разрушением не наблюдается каких-то видимых процессов пластической или другой неупругой деформации. Это означает, что практически вся энергия, затрачиваемая на разрушение, расходуется на образование новых поверхностей в материале, а его внутренняя структура остается неизменной. При

ций, которые в течение своей эксплуатации могут подвергаться различным динамическим воздействиям, очень важно уметь вычислять эти предельные прочностные характеристики. В нашем научно-исследовательском центре "Динамика" для этих целей мы используем структурно-временной подход. Динамическая прочность материала определяется двумя параметрами: статической прочностью и инкубационным временем разрушения. Согласно такому подходу, разрушение

*Компьютерная модель образца, зажатого между двумя стержнями, с помощью которых производится нагружение*

переходит в опорный стержень, а часть отражается от свободного края обратно в нагружающий стержень. Тензодатчики, наклеенные на стержни, позволяют косвенно измерять напряжения, возникающие в стержнях в ходе испытания. Таким образом, данные, считываемые с тензодатчиков, позволяют определить (при соответствующей обработке) параметры динамического деформирования и разрушения испытываемого материала.

**- Зачем нужно моделировать стандартные тесты? И как вы это делаете?**

**Г.Волков:** - Эксперименты по динамическим испытаниям материала - довольно сложное и трудоемкое дело. Подготовка образцов также требует тщательного и кропотливого труда. При этом исследователи, работающие в области динамических испытаний образцов, часто далеки от образа классического "ученого в белоснежном халате" из кино. Каждое испытание, длящееся микросекунды, - это шум, пыль, летящие во все стороны осколки и масса черновой предварительной работы, включающей подготовку образцов, их тщательный монтаж в установку, настройку компьютерного оборудования для обработки сигналов со стержней. Процессы динамического разрушения очень скоротечны, их регистрация требует применения точного оборудования и прецизионной синхронизации. Малейшая неточность оборачивается загубленным образцом и потерей времени и усилий. Можно ли спрогнозировать результаты таких экспериментов, чтобы свести к минимуму количество испытаний? Наша задача - разработать метод компьютерного моделирования процессов, происходящих в материале в "бразильском тесте" и тесте на ударное сжатие. Это позволит перед отлад-

тов. Достаточно будет знать только их стандартные (справочные) свойства, чтобы понять, как тот или иной из них поведет себя во время экстремальных нагрузок. Кстати, экстремальные нагрузки могут встречаться при, казалось бы, обычных обстоятельствах: например, удар автомобильного шипа о дорожное покрытие - чисто динамическое воздействие. Но как спрогнозировать разрушение при подобном воздействии на асфальт? Для того чтобы корректно провести моделирование такого процесса, необходимы параметры материала, отвечающие за его поведение при ударном нагружении. Такие параметры как раз и определяются с помощью динамического "бразильского теста" и теста на динамическое сжатие. Мы же сможем эти тесты моделировать, тем самым облегчая подготовку к ним, упрощая их проведение и уменьшая количество необходимых измерений.

**- Как давно вы работаете над этой проблемой?**

**Г.Волков:** - Механикой разрушения мы занимаемся уже десять лет, со времени нашей учебы в Санкт-Петербургском государственном университете на кафедре теории упругости. Сейчас наш небольшой дружеский коллектив работает в отделе экстремальных состояний и структурных превращений Института проблем машиноведения РАН. В основном проводим аналитические и численные исследования, но иногда приходится бывать в лабораториях и принимать участие в реальных экспериментах, так что о сложностях и трудоемкости этой стороны научной работы мы знаем не понаслышке. Считаем, что исследовательская работа - самый привлекательный вид деятельности, так как позволяет заниматься вещами, которые интересны тебе самому, а не кому-то из начальства. Хотя, конечно, обилие рутинной работы, связанной с бюрократическими требованиями, вносит свою ложку дегтя.

**Василий ЯНЧИЛИН**

**Иллюстрации предоставлены Г.Волковым и Н.Казариновым**

*Никита Казаринов*



этом один и тот же материал может проявлять себя и как хрупкий, и как вязкий, в зависимости от условий, например скорости внешнего воздействия или температуры.

Чтобы понять разницу между дву-

- это эволюционный процесс, который начинается с роста микродефектов и микротрещин и развивается в разрушение на макроуровне - то, которое мы можем наблюдать.

**- Какие тесты, которые при этом**