

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРИЛОЖЕНИИ К ЗАДАЧАМ НАУК О ЗЕМЛЕ

Макаров П.В.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, pvm@ispms.tsc.ru.

В представленной работе дан краткий обзор традиционных подходов и методов механики деформируемого твёрдого тела, включая идеи и методы построения предельных поверхностей применительно к задачам неупругого деформирования и разрушения горных пород и геосред. Обсуждаются вопросы, почему в рамках традиционных макроскопических представлений не удалось разработать предсказательную теорию эволюции напряжённо-деформированного состояния нагружаемых материалов и сред. Традиционная механика деформируемого твёрдого тела, базирующаяся на идеях предельного состояния, оказалась также неспособной описать закономерности формирования очагов разрушения в нагруженных материалах. Предлагаемые критерии перехода материала в пластическое состояние или разрушение никак не учитывали время приложения нагрузки, что вообще исключало возможность предсказывать время наступления разрушения. Однако огромный накопленный экспериментальный материал позволил сформулировать механикам ключевые идеи и на качественном уровне сформировать правильные представления об особенностях неупругого деформирования и последующего разрушения «пластичных» и «хрупких» сред. Так ещё Н.Н. Давиденков в 50-х годах прошлого века писал, что следует говорить не о пластичных и хрупких телах, а об их хрупком или вязком отклике на нагружение и предложил схему, описывающую переход нагружаемого материала из вязкого состояния в хрупкое. Понимание этого фундаментального свойства материалов позволило сформулировать концепцию о невозможности описания предельного состояния материала одним уравнением. Таким образом, в зависимости от вида напряжённо-деформированного состояния материал может разрушаться как хрупко (отрывом) от нормальных напряжений, так и пластически (срезом) от касательных напряжений. Из этого был сделан фундаментальный вывод, что форма предельной поверхности и её свойства полностью определены тремя параметрами напряжённого состояния – октаэдрическим нормальным напряжением $\sigma_{\text{окт}}$, октаэдрическим сдвиговым напряжением $\tau_{\text{окт}}$ и видом напряжённого состояния μ_{σ} (параметром Лоде-Надаи). С другой стороны установленный экспериментально факт, что любой даже самый быстрый процесс хрупкого разрушения развивается в две стадии, предваряющей сравнительно медленной и сверхбыстрой, скорость которой превышает скорость предварительной стадии на многие порядки, не нашёл никакого отражения в теориях предельного состояния, которые не содержали время как параметр. Концентрационный критерий укрупнения трещин С.Н. Журкова фактически уже рассматривал нагружаемый материал или геосреду как многомасштабную систему, однако, он отразил только сам факт перехода разрушения на больший масштаб в зависимости от концентрации накопленных более мелких повреждений, но игнорировал сам процесс накопления, т.е. время. Концепция о накоплении повреждений частично исправила этот недостаток и привела к созданию различных кинетик накопления микроповреждений и соответствующих моделей, в которых макроразрушение рассматривалось как результат накопленных средой дефектов более мелких масштабов. Развитие идей и методов нелинейной динамики во второй половине XX века привело к пониманию, что большинство реальных объектов, включая твёрдые тела, являются многомасштабными нелинейными динамическими системами, которые эволюционируют по общим законам. Так физическая мезомеханика рассматривает деформируемую среду как нелинейную многомасштабную динамическую систему, эволюция которой, включая процессы деформации и разрушения, осуществляется по законам нелинейной динамики. Разработку прогностической теории деформирования и разрушения геосреды мы связываем с дальнейшим развитием математической теории эволюции твёрдых тел и сред [1], которая объединяет как базовые идеи традиционной механики деформируемого твёрдого тела, так и методы, подходы и идеи физической мезомеханики материалов и нелинейной динамики. Представлен обзор результатов моделирования процессов неупругой деформации и разрушения для различных образцов и геосред, демонстрирующий эффективность разрабатываемой эволюционной концепции как прогностической теории разрушения.

Литература

1. Макаров П.В. Математическая теория эволюции нагружаемых твердых тел и сред // Физ. Мезомех. – 2008. Т. 11. - №3. –с. 19-35.