

## ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета Волкова Александра Евгеньевича на диссертацию Игушевой Людмилы Александровны на тему «Влияние внешних силовых и температурных воздействий на динамическое разрушение материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

В диссертации рассмотрено влияния гидростатического давления, температуры отжига, силовых граничных условий взаимодействия тел с окружающей средой на разрушение материалов при импульсном нагружении.

**Актуальность темы исследования.** Разработка средств прогнозирования разрушения материалов при динамическом воздействии востребована практикой использования в различных отраслях строительства, горнодобывающей промышленности и в технике. Построение общих моделей для расчета предельных состояний материалов при высокоскоростных нагрузках с учетом влияния внешних факторов находится также в фокусе развития науки о прочности и имеет большое **фундаментально-научное значение**. Таким образом тема диссертации Л.А. Игушевой, очевидно, является актуальной.

**Практическая значимость результатов** диссертации обусловлена возможностью и целесообразностью их использования для расчета оптимальных оптимального режима ударного воздействия для забивания свай в грунт; режимов воздействия для дробления горных пород, при которых возможно их разрушение с минимальными усилиями.

### **Основные результаты диссертации.**

1. Выполнено моделирование распространения волн в стержне конечной длины, находящемся в упругой окружающей среде, вычислены пороговые амплитуды внешнего воздействия вызывающего разрушение стержня.
2. Исследовано влияние предварительного нагрева и гидростатического давления на динамическую трещиностойкость и прочность на сжатие природных материалов (песчаник, гранит), а также цементного камня при высокоскоростных нагрузках.
3. Исследовано влияние гидростатического давления на характеристики динамической прочности на сжатие гранита песчаника, гранита и цементного камня.
4. Выявлены явления "инверсии" динамической прочности, в результате которой один материал имеет более высокую прочность, чем другой материал при квазистатическом нагружении, и, наоборот, меньшую прочность при достаточно быстром динамическом воздействии.

Прогнозирование разрушения материалов в широком диапазоне скоростей нагружения с использованием структурно-временного подхода позволяет обосновать экспериментально выявленные временные эффекты разрушения с

учетом влияния внешних силовых и температурных факторов. Данный подход позволяет сократить количество материальных констант, вводимых в моделях разрушения при решении прикладных задач.

### **Новизна полученных результатов**

Впервые разрушение стержня, расположенного в упругой среде, прогнозируется на основе критерия инкубационного времени разрушения. Построены временные зависимости прочности.

Впервые проведены вычисления по нахождению динамической трещиностойкости песчаника и гранита, а также цементного раствора, подвергнутых предварительному термическому воздействию. Найдены эффекты "инверсии" прочности при росте скорости нагружения для данных материалов. Предложена связь параметра инкубационного времени с температурой предварительного отжига.

Определены скоростные зависимости прочности на сжатие и трещиностойкости горных пород для различных уровней действующего на них гидростатического давления. Изучена зависимость инкубационного времени разрушения от давления.

**Достоверность полученных результатов** обусловлена использованием апробированного критерия инкубационного времени, аккуратностью выполнения расчетов и соответствием полученных результатов с известными экспериментальными данными.

**Апробация работы.** Основные результаты были опубликованы в 6 работах, в том числе в изданиях, индексируемых базами РИНЦ, Scopus и Web of Science; 3 статьи опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования России. Результаты исследования доложены и обсуждены на семинаре кафедры теории упругости СПбГУ, а также были представлены на ряде международных и всероссийских конференций.

### **Оформление работы**

Работа написана ясным научным языком, изложение результатов и методов исследования является логичным и последовательным, иллюстрации понятны и хорошо отражают полученные результаты. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Четко сформулированы задачи и цели работы, подробно описаны проведённые вычисления и выводы.

### **Замечания.**

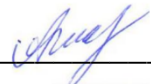
1. В диссертации отмечено влияние влагонасыщенности на динамическую вязкость разрушения горных пород. Очевидно, что предварительный нагрев может снижать содержание влаги, обуславливая снижение трещиностойкости. В этом случае трещиностойкость должна восстанавливаться после того, как материал снова наберет влагу. Однако, такая возможность в диссертации не обсуждается.
2. На с. 84 утверждается, что "влажгонасыщенные горные породы имеют более высокую плотность по сравнению со сухими породами, что приводит к увеличению предела прочности и инкубационного времени

- разрушения". При этом не предложено никакого объяснения, почему более высокая плотность увеличивает инкубационное время.
3. Часто для обозначения параметра  $K_{Ic}$  вместо термина "трещиностойкость" как синоним используется термин "статическая вязкость разрушения, который можно спутать с ударной вязкостью.
  4. В обзоре литературы утверждается, что разрушение в 2011 году нескольких реакторов АЭС «Фукусима-1» произошло вследствие землетрясения магнитудой 9 баллов. При этом не отмечено, что разрушение реакторов вызвало не само динамическое воздействие, а нарушение их энергоснабжения вследствие затопления дизельных электрогенераторов в результате цунами.
  5. При выполнении записанного после формулы (1.5) неравенства в этой формуле под интегралом основание степени с вещественным показателем лямбда является отрицательным.
  6. К формуле (2.1) не показано результатом какого прямого преобразования Фурье является подынтегральная функция  $u^F(k,T)$ .
  7. Имеется ряд опечаток, например, на с. 27, вместо ссылки на формулы (1.3) – (1.5) должна стоять ссылка на (1.4) – (1.5).

Сделанные замечания касаются незначительных неточностей, либо носят характер пожеланий. Они не изменяют общего положительного заключения по диссертации.

Диссертация Игушевой Людмилы Александровны на тему: «Влияние внешних силовых и температурных воздействий на динамическое разрушение материалов» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Игушева Людмила Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Председатель диссертационного совета  
доктор физико-математических наук  
профессор кафедры Теории упругости СПбГУ

 / Волков А.Е.

« 31 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 2024 г.