ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57700.7— 2018

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Процессы ударного взаимодействия. Термины и определения

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Закрытым акционерным обществом «Т-Сервисы» (ЗАО «Т-Сервисы»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 700 «Математическое моделирование и высокопроизводительные вычислительные технологии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 февраля 2018 г. № 47-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

© Стандартинформ, 2018

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 3
Алфавитный указатель терминов на русском языке 5
Алфавитный указатель эквивалентов терминов на английском языке 6
Библиография 7

Введение

Установленные в настоящем стандарте термины расположены в систематизированном порядке, отражающем систему понятий данной области знания.

Для каждого понятия установлен один стандартизованный термин.

Заключенная в круглые скобки часть термина может быть опущена при использовании термина в документах по стандартизации.

В алфавитном указателе данные термины приведены отдельно с указанием номера статьи.

Приведенные определения можно при необходимости изменять, вводя в них производные признаки, раскрывая значения используемых в них терминов, указывая объекты, входящие в объем определяемого понятия. Изменения не должны нарушать объем и содержание понятий, определенных в настоящем стандарте.

В стандарте приведены иноязычные эквиваленты стандартизованных терминов на английском (en) языке.

Стандартизованные термины набраны полужирным шрифтом, их краткие формы, представленные аббревиатурой, — светлым, синонимы — курсивом.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Процессы ударного взаимодействия. Термины и определения

Numerical modeling of physical processes. Processes of impact interaction. Terms and definitions

Дата введения — 2019—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные термины и определения понятий в области численного моделирования процессов ударного взаимодействия. Настоящий стандарт определяет данный процесс как кратковременное взаимодействие макроскопических твердых тел друг с другом или с жидкой (газообразной) средой.

В общем случае процессы ударного взаимодействия характеризуются набором определяющих факторов, таких как интенсивность процесса, уровень энергий, скорость нагружения и деформирования, характер волновых процессов (упругие, упругопластические, ударные), термодинамика процесса (адиабатический или изотермический), и могут существенно различаться по характеру протекания и, соответственно, методам моделирования. В рамках настоящего стандарта вводится условное разделение всех ударных процессов в зависимости от характерного набора определяющих факторов и их значений на высокоскоростной и низкоскоростной удары.

Такое разделение достаточно условно и имеет определенную область пересечения, для которой допускается использовать методы моделирования как высокоскоростных, так и низкоскоростных ударных процессов.

Настоящий стандарт применяется для описания процессов ударного взаимодействия, включая, но не ограничиваясь типами конструкций и определяющих факторов воздействия, представленных в таблице 1.

Таблица 1 — Типы конструкций и определяющих факторов воздействия

Конструкция	Скорость деформаций $\dot{\varepsilon}$, 1/с	Характерное время взаимодействия	Волновой процесс: У — упругая волна; УП — упруго-пластическая; УД — ударная	Термодинамика процесса: А — адиабатический; И — изотермический	Тип взаимодействия: Н — низкоскоростной; В — высокоскоростной
Резервуары для хранения жидкостей и газов	До 10^{-6}	мин	У	И	Н
Гидравлические испытания трубопроводов	До 10^{-5}	мин	У	И	Н
Удар падающим грузом	До 10^{2}	с	У-УП	И-А	Н
Столкновение машин и агрегатов	~10^{3}	мс	У-УП	И-А	Н-В
Аварии на воздушном и автомобильном транспорте	~10^{4}	мс	У-УП	И-А	Н-В

Издание официальное

Окончание таблицы 1

Конструкция	Скорость деформаций $\dot{\varepsilon}$, 1/с	Характерное время взаимодействия	Волновой процесс: У — упругая волна; УП — упруго-пластическая; УД — ударная	Термодинамика процесса: А — адиабатический; И — изотермический	Тип взаимодействия: Н — низкоскоростной, В — высокоскоростной
Лавинные разрушения трубопроводов	~10^5	мкс	УП-УД	А	В
Пробивание преград снарядами	~10^6	мкс	УП-УД	А	В
Взрывные нагружения	~10^9		УД	А	В

Одной из основных задач настоящего стандарта является адаптация терминов и определений, принятых в ГОСТ Р 57188, применительно к процессам ударного взаимодействия. Согласно ГОСТ Р 57188 ключевыми процедурами подтверждения адекватности результатов численного моделирования являются процедуры верификации и валидации используемых математических моделей. Однако для процессов ударного нагружения, сопровождающихся деформированием и локальным разрушением взаимодействующих тел с образованием свободных поверхностей, отсутствуют корректные математические модели и эталонные решения тестовых задач, позволяющие их верифицировать (за исключением эталонных экспериментальных результатов). Так, известно, что при моделировании процессов ударного взаимодействия наблюдается принципиальная зависимость результатов моделирования от параметров дискретизации [1], граничных и начальных условий [2]. Как следствие, при моделировании ударных процессов, сопровождающихся локальным разрушением, верифицировать математические модели невозможно. Поэтому в большинстве случаев вместо математических моделей в качестве моделей поведения материалов используются аппроксимационные соотношения, не требующие верификации и имеющие принципиально более узкую область применения, нежели полноценные верифицируемые модели. Область же применения таких аппроксимационных соотношений может быть установлена исключительно в процессе сравнения результатов расчетов с применением этих соотношений с экспериментальными данными либо их валидации. В связи с этим в рамках настоящего стандарта не затрагиваются вопросы терминологии в отношении верификации моделей, а сама процедура верификации заменяется процедурой валидации.

Настоящий стандарт не распространяется на процессы ударного взаимодействия, сопровождающиеся фазовыми превращениями в исследуемых телах и средах.

Термины, установленные настоящим стандартом, обязательны для применения во всех видах документации и литературы (по данной научно-технической отрасли), входящих в сферу работ по стандартизации и/или использующих результаты этих работ.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:
ГОСТ Р 57188 Численное моделирование физических процессов. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **деформируемое твердое тело;** ДТО: Физическое тело, способное к деформации, то есть тело, способное изменить свою форму, внутреннюю структуру, объем, площадь поверхности под действием внешних сил. en deformable solid body

3.2 **упругая волна;** УПВ: Волна, распространяющаяся в твердых телах и вызывающая их обратимые деформации. en elastic wave

3.3 **упругопластическая волна;** УППВ: Волна, распространяющаяся в твердых телах и вызывающая их необратимые деформации. en elastoplastic wave

3.4 **ударная волна;** УДВ: Волна, распространяющаяся внутри твердого тела или среды со сверхзвуковой скоростью и вызывающая скачкообразное изменение давления, плотности, температуры и массовой скорости. en shock wave

3.5 **высокоскоростной удар;** ВУ: Кратковременное высокоэнергетическое взаимодействие макроскопических твердых тел друг с другом или с жидкой (газообразной) средой, при котором происходят деформация и разрушение тел вследствие распространения по ним упругопластических или ударных волн в адиабатических условиях. en high-velocity impact

3.6 **низкоскоростной удар;** НУ: Кратковременное взаимодействие макроскопических твердых тел друг с другом или с жидкой средой, при котором происходит деформация и/или разрушение тел вследствие распространения по ним упругих и/или упругопластических волн без образования ударных волн в изотермических или адиабатических условиях. en low-velocity impact

3.7 **определяющее соотношение;** ОС: Закон связи между напряжениями и деформациями в некоторой области сплошной среды. en constitutive equation

3.8 **уравнение состояния;** УРС: Уравнение, связывающее между собой термодинамические параметры системы, такие как температура, давление, объем и массовая скорость, а также их приращения. en equation of state

3.9 **модель поведения материала;** МПМ: Совокупность определяющих соотношений, уравнений состояния и критериев разрушения, а также набор их параметров, описывающих термомеханическое поведение материала в условиях ударного нагружения. en material behavior model

3.10 **численная расчетная модель;** ЧРМ: Численная модель, воспроизводящая реальный объект и позволяющая провести расчет процесса его ударного нагружения. en numerical simulation model

Примечание — ЧРМ должна включать в себя математическую модель объекта моделирования, начальные и граничные условия, дискретизацию математической модели и МПМ.

3.11 **валидация модели поведения материала;** ВМПМ: Подтверждение соответствия МПМ реальному поведению материла при ударном нагружении. en validation of material behavior model

3.12 **валидация численной расчетной модели;** ВЛЧРМ: Процедура подтверждения адекватности ЧРМ поведению моделируемого объекта при ударном нагружении. en validation of numerical simulation model

3.13 **базовый эксперимент;** БЭ: Натурный эксперимент (или система экспериментов), позволяющий получить экспериментальные данные, необходимые для определения параметров определяющих соотношений, уравнений состояния и критериев разрушения составляющих МПМ. en basic experiment

3.14 **материальный валидационный эксперимент;** МАВЭ: Натурный эксперимент (или система экспериментов), позволяющий получить экспериментальные данные, необходимые для ВМПМ. en material verification experiment

3.15 **модельный валидационный эксперимент;** МОВЭ: Натурный эксперимент (или система экспериментов), позволяющий получить экспериментальные данные, необходимые для ВЛЧРМ. en model validation experiment

3.16 **элементарный образец;** ЭО: Образец, применяемый при проведении БЭ. en elementary sample

3.17 **модельный образец** (*эталонный*); МО: Образец, применяемый при проведении МАВЭ. en model sample

3.18 **конструктивно подобный образец;** КПО: Образец, имитирующий элемент конструкции и применяемый при проведении МОВЭ. en structural sample

3.19 **первичные экспериментальные данные;** ПЭД: Совокупность данных, получаемых средствами измерения при проведении МАВЭ, и/или МОВЭ, и/или БЭ. en primary experimental data

3.20 **вторичные экспериментальные данные;** ВЭД: Совокупность данных, получаемых посредством обработки ПЭД. en secondary experimental data

3.21 **плосковолновой ударный эксперимент;** ПУЭ: Эксперимент на ударное нагружение образца с помощью тонкой пластины, в результате которого в рабочей области образца возникают одноосная деформация и объемное напряженное состояние [3], [4]. en plate impact test

3.22 **метод разрезного стержня Гопкинсона;** РСГ: Эксперимент на динамическое нагружение образца с помощью длинных тонких стержней, в результате которого в образце возникает одноосное напряженное состояние [3], [5], [6]. en split Hopkinson pressure bar method

3.23 **копровые испытания;** КИ: Эксперимент на ударное нагружение образца с помощью массивного жесткого ударника [3]. en drop weight test

3.24 **метод Тэйлора;** МТ: Эксперимент на соударение упругопластического образца с жесткой преградой [3], [6]. en Taylor's test

Алфавитный указатель терминов на русском языке

БЭ	3.13
валидация модели поведения материала	3.11
валидация численной расчетной модели	3.12
ВЛЧРМ	3.12
волна ударная	3.4
волна упругая	3.2
волна упругопластическая	3.3
ВМПМ	3.11
ВУ	3.5
ВЭД	3.20
данные экспериментальные вторичные	3.2
данные экспериментальные первичные	3.19
ДТО	3.1
испытания копровые	3.23
КИ	3.23
КПО	3.18
МАВЭ	3.14
метод разрезного стержня Гопкинсона	3.22
метод Тэйлора	3.24
МО	3.17
МОВЭ	3.15
модель поведения материала	3.9
модель расчетная численная	3.1
МПМ	3.9
МТ	3.24
НУ	3.6
образец конструктивно подобный	3.18
образец модельный	3.17
образец элементарный	3.16
образец эталонный	3.17
ОС	3.7
ПУЭ	3.21
ПЭД	3.19
РСГ	3.22
соотношение определяющее	3.7
тело твердое деформируемое	3.1
удар высокоскоростной	3.5
удар низкоскоростной	3.6
УДВ	3.4
УПВ	3.2
УППВ	3.3
уравнение состояния	3.8
УРС	3.8
ЧРМ	3.10
эксперимент базовый	3.13
эксперимент валидационный материальный	3.15
эксперимент валидационный модельный	3.14
эксперимент ударный плосковолновой	3.21
ЭО	3.16

Алфавитный указатель эквивалентов терминов на английском языке

basic experiment	3.13
constitutive equation	3.7
deformable solid body	3.1
drop weight test	3.23
elastic wave	3.2
elastoplastic wave	3.3
elementary sample	3.16
equation of state	3.8
high-velocity impact	3.5
low-velocity impact	3.6
material behavior model	3.9
material verification experiment	3.14
model sample	3.17
model validation experiment	3.15
numerical simulation model	3.10
plate impact test	3.21
primary experimental data	3.19
secondary experimental data	3.20
shock wave	3.4
split Hopkinson pressure bar method	3.22
structural sample	3.18
Taylor's test	3.24
validation of material behavior model	3.11
validation of numerical simulation model	3.12

Библиография

[1] Bazant Z.P. Size effect on structural strength: a review. Archive of Applied Mechanics 1999; 69(9—10):703—725.

[2] Dey S., Børvik T., Hopperstad O.S., Leinum J.R., Langseth M. The effect of target strength on the perforation of steel plates using three different projectile nose shapes // International Journal of Impact Engineering 2004; 30 (8), 1005—1038.

[3] Жерноклетов М.В. Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках. — Саров, 2003. — 403 с.

[4] Канель Г.И., Разоренов С.В., Уткин Л.В., Фортов В.Е. Ударно-волновые явления в конденсированных средах. — М.: Янус-К, 1996. — 408 с.

[5] Кольский Г. Исследования механических свойств материалов при больших скоростях нагружения // Механика. — Вып. IV. — М.: ИЛ, 1950. — С. 108—119.

[6] Николас Т. Поведение материалов при высоких скоростях деформаций // Динамика удара — М.: Мир, 1985. — С. 198—256.

УДК 519.642.2:006.354 ОКС 35.020

Ключевые слова: моделирование, численное моделирование, физические процессы, ударное взаимодействие

БЗ 1—2018/82

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Л.В. Софейчук*

Сдано в набор 07.02.2018. Подписано в печать 06.03.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,26. Тираж 22 экз. Зак. 402.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандартов

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123001, Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru stinfo.ru

gost.e-ecolog.ru