

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Царев В.В. Оценка экономической эффективности инвестиций / В.В. Царев. – СПб.: Питер, 2004. – 464 с.
2. Программный продукт «Справочник ОКВЭД». Источник <http://www.tradesoft.ru>.
3. Важдает А.Н. Информационная система оценки и анализа инвестиционной привлекательности предприятий, эффективности бизнеса и инвестиционных проектов / А.Н.Важдает // Федеральная служба по интелл. собственности, патентам и товарным знакам РФ. – М.: 2007. – Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007610021 от 09.01.2007.

Важдает Андрей Николаевич
Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета
E-mail: wazdaev@ngs.ru
652050, г.Юрга, Кемеровская область, ул.Ленинградская, 38-60

Vazhdaev Andrey Nikolaevich
Technology institute of Yurga (branch) Tomsk polytechnic university
E-mail: wazdaev@ngs.ru
38-60, Leningradskay street, Urga, 652050, Russia

УДК 539.3

В.Б. Зеленцов, А.В. Чукарин, С.В. Федоренко, И.П. Тимофеевко
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УДАРА КЛИНА В ПРЕГРАДУ С
ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ЗОНОЙ КОНТАКТА

Для определения уровней стойкости элементов различных конструкций техники, подвергающихся в процессе эксплуатации ударному воздействию тел различной природы происхождения и конфигурации, в работе поставлена и решена частная задача удара клиновидного тела в преграду, представляющую собой полуплоскость. На основе эффективного решения интегрального уравнения определяется решение исходной нестационарной динамической контактной задачи.

Клин; преграда; деформация; интегральное уравнение; зона контакта; ударный процесс.

V.B. Zelentsov, F.V. Chukarin, S.V. Fedorenko, I.P. Timopheenko
STUDY OF THE PROCESS OF THE WEDGE IMPACT AGAINST THE
BARRIER OF VARYING CONTACT AREA

In the work to determine the resistance levels of the elements of different engineering constructions subjecting to the impact attack of the bodies of different origin nature and configuration in the process of operation there has been stated and solved a particular problem on the impact of the V-shaped body against the barrier which is a semiplane. On the basis of the efficient solution of the integral equation we determine the solution of the initial nonstationary dynamic contact problem.

Wedge; barrier; deformation; integral equation; contact area; impact process.

Для определения уровней стойкости элементов различных конструкций техники, подвергающихся в процессе эксплуатации ударному воздействию тел

различной природы происхождения и конфигурации, в работе поставлена и решена частная задача удара клиновидного тела в преграду, представляющую собой полуплоскость. На основе эффективного решения интегрального уравнения определяется решение исходной нестационарной динамической контактной задачи: волновое поле контактных напряжений под основанием клиновидного ударника, позволяющее получить другие важные механические и кинематические функциональные зависимости основных параметров процесса удара, в том числе изменяющуюся в процессе удара область контакта клина с преградой.

Определение основных параметров процесса удара (скорость и глубина внедрения ударника, сила сопротивления внедрению со стороны преграды, напряжения и деформации, возникающие в конструкции) при взаимодействии различного рода кинетических ударников с преградами неизбежно связано с нахождением области контакта между ними, от которой зависит величина контактных напряжений в этой области. Контактные напряжения, в свою очередь, определяют величину напряжений и деформаций, распространяющихся вглубь материала конструкции. По величине внутренних напряжений и деформаций, используя определенный критерий прочности, судят о характере разрушения материала конструкции и дают заключение о ее кондиционном состоянии, т.е. способности выполнять свои функции после воздействия. Представлена нестационарная динамическая контактная задача (НДКЗ) об ударе клиновидного тела массой m с начальной скоростью v_0 в защитную преграду [1]. Схема удара представлена на рис. 1.

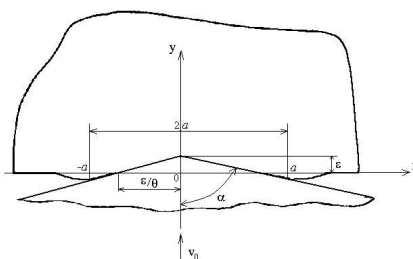


Рис.1. Схема удара клиновидного тела

Форма клина и закон его внедрения имеют вид

$$g(x, t) = \varepsilon(t) - \theta|x|, \quad \theta = ctg\alpha, \quad (1)$$

где 2α – угол раствора клина, $\varepsilon(t)$ – закон внедрения клина, $a(t)$ – полуширина зоны контакта клина с преградой.

Задача сведена к решению интегральных уравнений типа свертки Фурье на конечном промежутке. После применения к уравнениям Ламе – дифференциальным уравнениям движения среды в перемещениях интегральных преобразований Лапласа и Фурье с начальными, граничными и условиями на бесконечности – получаем выражения для перемещений и напряжений внутри преграды под действием нормальной нагрузки [1, 2, 3].

Затем, реализуя смешанные граничные условия, после соответствующих преобразований приходим к интегральному уравнению 1-го рода в безразмерной форме на конечном промежутке относительно трансформанты Лапласа искомого функции распределения контактных напряжений под клином.

Применив к интегральному уравнению 1-го рода обратное преобразование Лапласа и Фурье и выполнив условие для получения гладких ограниченных на концах зоны контакта решений поставленной НДКЗ, было получено выражение

для определения полуширины зоны контакта $a(t)$ через неизвестный закон движения клина $\varepsilon(t)$ [1]:

$$a(t) = \theta \sqrt{t} \frac{\dot{\varepsilon}(\tau)}{\sqrt{t-\tau}} d\tau - 2c\gamma t - 4cK(0)\pi H(t-t) \sqrt{t-\xi} m(\xi) \sqrt{t-\xi} d\xi. \quad (2)$$

Закон движения клина $\varepsilon(t)$ находится из интегро-дифференциального уравнения с начальными условиями:

$$m\ddot{\varepsilon}(t) = Q(t) \quad \dot{\varepsilon}(0) = v \quad \varepsilon(0) = \varepsilon, \quad (3)$$

где $Q(t)$ – сила сопротивления среды внедрению клина.

При численном решении полученного интегродифференциального уравнения относительно $\varepsilon(t)$ на каждом шаге его интегрирования неизвестная функция $a(t)$ определялась из дополнительного условия (2) как корень алгебраического уравнения с учетом естественного условия $a(0)=0$. Описанный выше алгоритм решения задачи эффективно реализуется на ЭВМ в среде MathCad. В качестве иллюстрации вышеизложенного метода решения задачи на рис.2 приведены графики заглубления клина $\varepsilon(t)$ с углом раствора $u=ctg\alpha=0,001$, погонной массой $m=150$ кг/м в процессе его удара в преграду с начальной скоростью $v_0=5$ м/с.

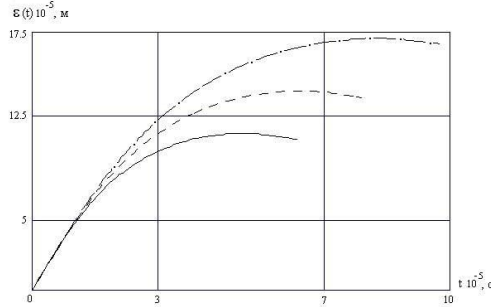


Рис.2. Графики заглубления клина

График, изображенный сплошной линией, соответствует $\varepsilon(t)$ для преграды из стали ($E = 2 \cdot 10^{11}$ Н/м², $\nu = 0,25$), штриховой линией – из титана ($E = 1,2 \cdot 10^{11}$ Н/м², $\nu = 0,3$), штрихпунктирной – из алюминия ($E = 6,75 \cdot 10^{10}$ Н/м², $\nu = 0,35$). По горизонтальной оси дано время t . Конец графиков $\varepsilon(t)$ по горизонтальной оси t определяет время отрыва клина от упругой полуплоскости t_* , а ордината концов графиков указывает величину заглубления ударника $\varepsilon(t)$ в преграде, при котором произошел его отрыв. На рис. 3 даны графики изменения $P(t)$ – силы контактного воздействия клина на преграду для вышеуказанных материалов.

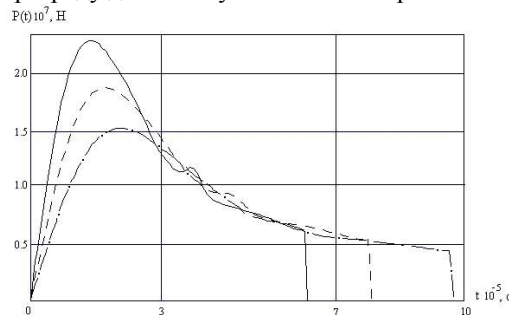


Рис.3. Графики изменения $P(t)$ – силы контактного воздействия клина на преграду

Следует заметить, что момент времени t максимального заглубления $\varepsilon(t)$ (рис. 2) и момент времени достижения силой $P(t)$ (рис. 3) максимального значения не совпадают для рассматриваемых материалов, что свидетельствует о наличии разности фаз этих характеристик. На рис. 4 даны графики изменения скорости внедрения $\dot{\varepsilon}(t)$.

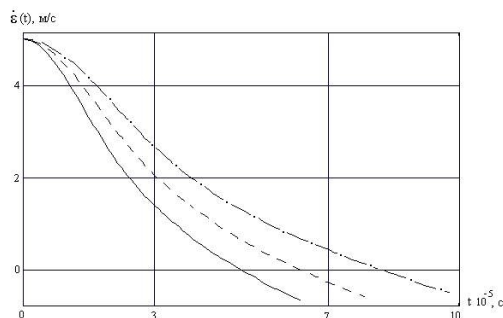


Рис.4. Графики изменения скорости внедрения $\dot{\varepsilon}(t)$

На рис. 5 представлены графики изменения действительной полуширины зоны контакта $a(t)$ и величины «геометрической» зоны контакта $e(t)/u$ – абсциссы точки пересечения клина с осью x .

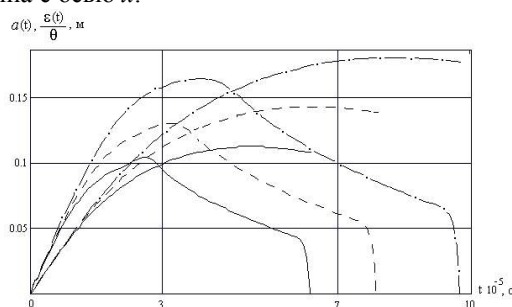


Рис.5. Графики изменения действительной полуширины зоны контакта $a(t)$ и величины «геометрической» зоны контакта $e(t)/u$

Графики действительной полуширины зоны контакта $a(t)$ заканчиваются пересечением горизонтальной оси t (указывая, как и на других рисунках, время отрыва клина от преграды t_* , т.к. $a(t)=0$), тогда как графики «геометрической» зоны контакта в нуль не обращаются в момент отрыва $t=t_*$, указывая на то, что ударник отрывается от преграды в заглубленном положении. На рис. 6 даны графики разности $a(t) - e(t)/u$ полуширины действительной зоны контакта $a(t)$ и соответствующей ей «геометрической» зоны $e(t)/u$, которые показывают, что на начальном этапе внедрения полуширина зоны контакта $a(t)$ превышает «геометрическую» зону контакта $e(t)/u$.

Это означает, что на начальном (активном) этапе внедрения выдавливаемый основанием клина материал преграды выпучивается вдоль контура клина, увеличивая ширину зоны контакта $a(t)$ по сравнению с величиной «геометрической» зоны контакта $e(t)/u$ (рис. 6). Однако, когда ударник еще не дошел до своего мак-

симального заглубления, полуширина зоны его контакта с преградой $a(t)$ становится меньше «геометрической» зоны контакта $e(t)/u$, а затем убывает до нуля.

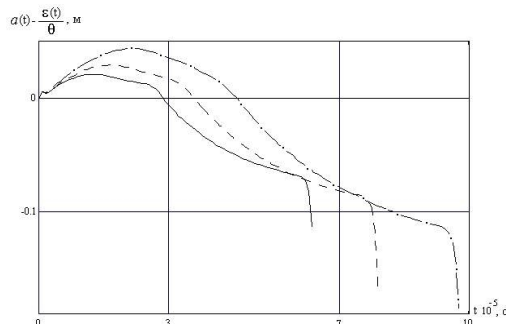


Рис. 6. Увеличение ширины зоны контакта $a(t)$ по сравнению с величиной «геометрической» зоны контакта

Полученные теоретические результаты хорошо согласуются с результатами экспериментальных исследований [4, 5].

В ходе решения задачи установлен закон изменения действительной зоны контакта между клиновидным ударником и преградой, что, в свою очередь, позволило определить достоверные параметры ударного процесса, такие как закон внедрения, сила контактного сопротивления, поле контактных напряжений под клином и другие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зеленцов В.Б., Докучаев С.А., Чукарин А.В. Об ударе клиновидного штампа в упругую полуплоскость // Известия вузов. Северокавказский регион. Естественные науки. 2004. №2. С. 42–51.
2. Зеленцов В.Б. Об одном асимптотическом методе решения нестационарных динамических контактных задач // ПММ. 1999. Т.3. Вып. 2. С. 303–311.
3. Зеленцов В.Б. Нестационарная динамическая контактная задача о внедрении жесткого штампа в упругую полуплоскость // Изв. РАН. МТТ. 1999. № 3. С. 34–44.
4. Сахабудинов Р.В., Чукарин А.В. К вопросу об определении уравнения состояния конструкционных сталей и сплавов при ударных нагрузках // Вестник машиностроения. 2003. № 4. С.36–39.
5. Сахабудинов Р.В., Чукарин А.В. Зависимость динамических характеристик металлов от скорости деформирования // Техника машиностроения. 2003. №2. С. 73–77.

Зеленцов Владимир Борисович
Ростовский военный институт ракетных войск
E-mail: sahabudinov@mail.ru
344037, г. Ростов-на-Дону, пр. М.Нагибина,24/50

Чукарин Андрей Витальевич
Ростовский военный институт ракетных войск
E-mail: sahabudinov@mail.ru

Федоренко Сергей Владимирович
Ростовский военный институт ракетных войск
E-mail: sahabudinov@mail.ru

Тимофеенко Игорь Павлович
Ростовский военный институт ракетных войск

Zelentsov Vladimir Borisovich

Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: sahabudinov@mail.ru
24/50, M, Nagibina street, Rostov-on-Don, 344037, Russia

Chukarin Andrey Vitalievich
Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: sahabudinov@mail.ru

Phedorenko Sergey Vladimirovich
Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: sahabudinov@mail.ru

Timopheenko Igor Pavlovich
Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: sahabudinov@mail.ru

УДК 510.22

В.Ф. Золотухин, А.А. Захаров, В.Ю. Рева

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕРАЗЛИЧИМОСТИ

В работе рассматриваются вопросы неразличимости состояний объектов, их возможной обработки и использования для мониторинга. Приводится пример определения большего и меньшего возможного времени нахождения объекта в состояниях, которые представляют собой неразличимую информацию, а также их степеней возможности.

Неразличимость; степень большей возможности; большее возможное время.

V.F. Zolotukhin, A.A.Zakharov, V.Yu Reva

CHARACTERISTICS OF THE TECHNOGENETIC SAFETY UNDER THE CONDITIONS OF INDISTINGUISHABILITY

In the work we treat the questions of indistinguishability of the object states, their feasible processing and using for the monitoring. We give an example of defining the most possible long – and short – term period of the object existence in the states which are of indistinguishable information and their degrees of feasibility as well.

Indistinguishability; the degree of greater feasibility; the most possible long term period.

На практике очень часто резко контрастирующие по вызываемым последствиям технические состояния эрготических систем в течение длительного времени являются неразличимыми из-за сложности и дороговизны контроля. Примером неразличимости состояний могут служить недостаточно безопасные системы военного назначения других государств из-за их недоступности.

Частично свойство неразличимости состояний учитывается в теоретико-игровых моделях выбора оптимальных стратегий контроля и восстановления технических систем [1].

Как правило, средства моделирования, количественного описания и учета влияния свойства неразличимости состояний на безопасность при принятии решений как при производстве, так и при эксплуатации эрготических систем отсутствуют.