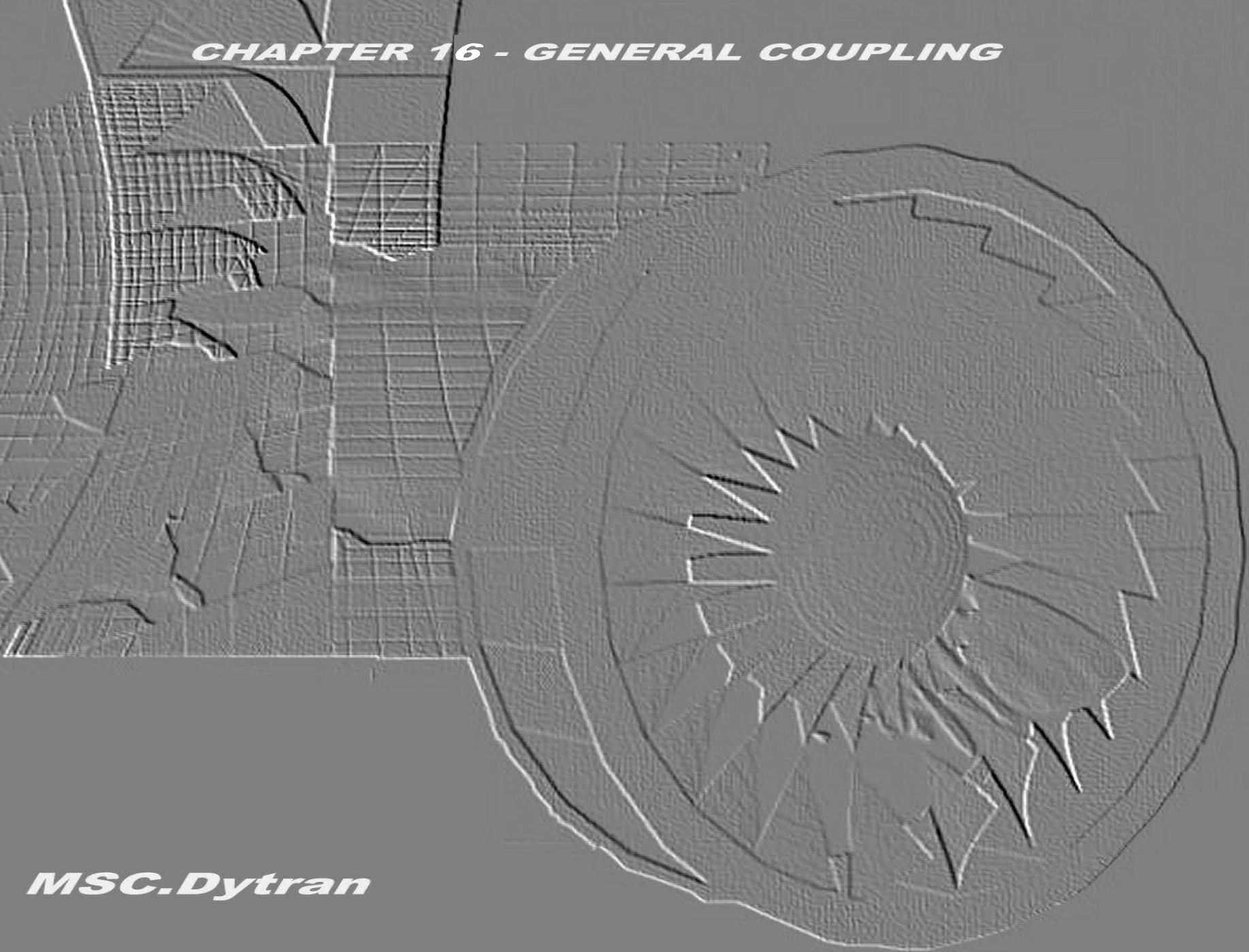


CHAPTER 16 - GENERAL COUPLING



СОДЕРЖАНИЕ

- ❑ **Взаимодействие конструкция – жидкость**
- ❑ **Задание поверхности взаимодействия**
- ❑ **Группирование (слияние) элементов**
- ❑ **Технология быстрого расчёта взаимодействия (Fast Coupling)**
- ❑ **Разрушение поверхностей взаимодействия**
- ❑ **Вывод результатов**

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОНСТРУКЦИЯ - ЖИДКОСТЬ

- ❑ “Стыковка” *лагранжева* и *эйлерова* решателя производится посредством поверхности взаимодействия
 - Поверхность взаимодействия – это своего рода оболочка, окутывающая конструкцию и отделяющая её от *эйлеровой* среды
- ❑ Поверхность взаимодействия является для *эйлеровой* среды подвижной границей
- ❑ Грани поверхности взаимодействия нагружаются вследствие воздействия на них материала *эйлеровой* среды
 - Нагрузки на грани поверхности взаимодействия конвертируются в силы, действующие на узлы этой поверхности (которые являются в то же время и узлами *лагранжевой* части модели)

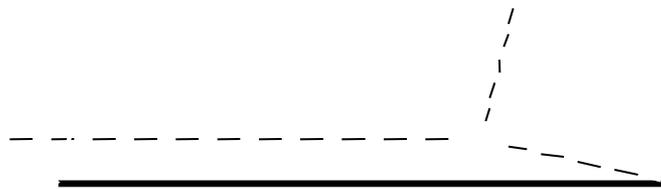
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОНСТРУКЦИЯ - ЖИДКОСТЬ



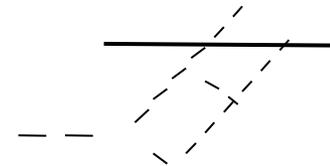
Часть поверхности взаимодействия



Эйлеров элемент

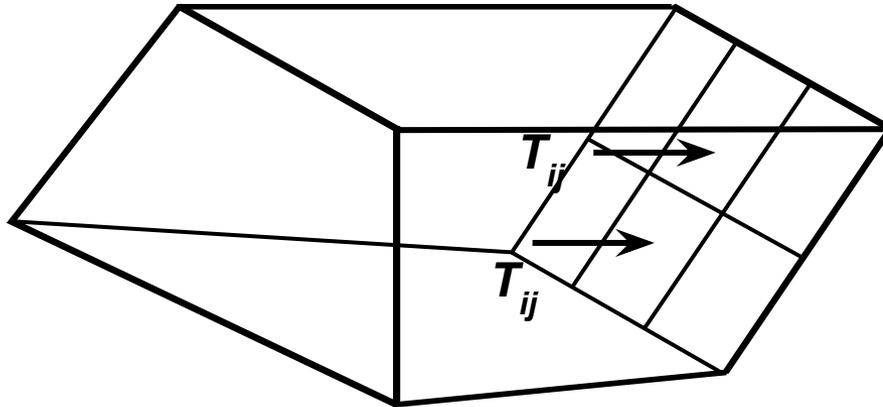


“Первоначальный” объём

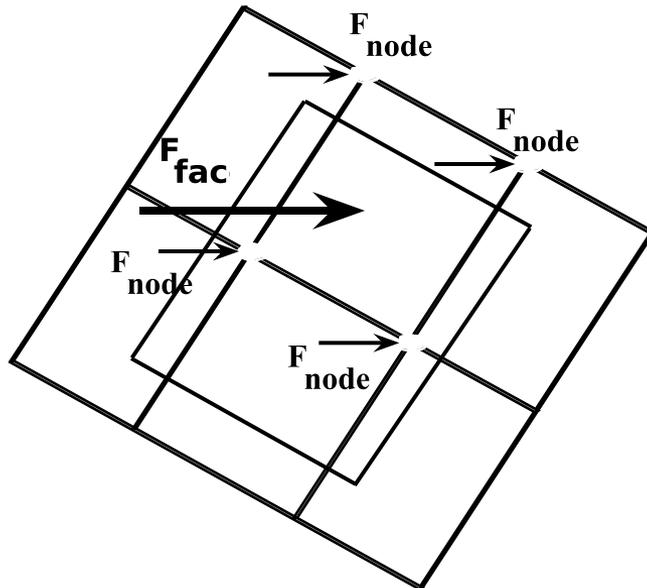


“Новый” объём, возникший вследствие “рассечения” элемента поверхностью взаимодействия

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОНСТРУКЦИЯ - ЖИДКОСТЬ



Эйлерова ячейка оказывает давление на грань поверхности взаимодействия



Зона перекрытия одной грани поверхности взаимодействия и одного эйлерова элемента

$$F_{\text{face}} = T_{ij} \cdot A$$

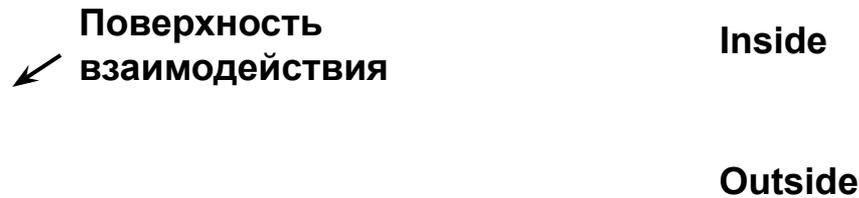
$$F_{\text{node}} = (1/4) \cdot F_{\text{face}}$$

ЗАДАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- ❑ **Поверхность взаимодействия (ПВ) должна быть замкнута**
 - Для обеспечения точности вычислений поверхность и объём “покрытой” фракции должны быть замкнуты. Это означает также, что недопустимы отверстия в ПВ
- ❑ **Поверхность взаимодействия легко создаётся**
 - ПВ создаётся аналогично контактной поверхности – для её создания могут быть использованы оболочки и грани объёмных элементов
 - Для создания замкнутой поверхности могут использоваться оболочки без физических свойств. Для этого в операторе PSHELL1 используется параметр (формулировка элемента) **DUMMY**
- ❑ **ПВ может характеризоваться трением**
- ❑ **Нормали сегментов ПВ должны быть направлены во-вне**
 - Для выполнения этого условия при необходимости нормали автоматически реверсируются
- ❑ **ПВ должна иметь первоначальный контакт с *эйлеровой* средой**
- ❑ **ПВ должна иметь начальный ненулевой объём**
- ❑ **Применение элементов PENTA и TETRA при использовании General Coupling и технологии Fast Coupling недопустимо**

ПОВЕРХНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

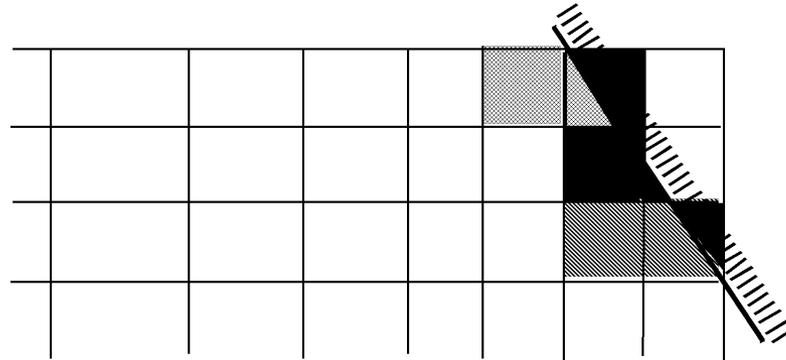
- ❑ **Оператор COUPLE указывает, что данная поверхность – поверхность взаимодействия конструкция – жидкость**
 - **Пример: поверхность 100 – поверхность взаимодействия COUPLE, 1, 100, INSIDE, ON, ON**



- **Значение параметра COVER (поле 4 в операторе COUPLE) “регулирует” должна ли оболочка содержать жидкость (газ) внутри или, наоборот, “вытеснять” его во вне**
 - ✓ **Пример: значение COVER=INSIDE означает, что оболочка препятствует попаданию жидкости (газа) внутрь неё**

ГРУППИРОВАНИЕ (СЛИЯНИЕ) ЭЛЕМЕНТОВ

- Поверхность взаимодействия “режет” элементы на части, вследствие этого возникают малые по величине объёмы
- Для предотвращения чрезмерного уменьшения шага (его величина зависит от размеров конечного объёма) часть элемента (конечного объёма), оставшаяся после “разрезания” вне поверхности взаимодействия, присоединяется к соседнему элементу (конечному объёму)
 - Присоединение происходит, если “остаток” элемента меньше, чем первоначальный объём элемента, умноженный на параметр FBLEND (по умолчанию $FBLEND=0,6667$)



- Сгруппированные элементы (конечные объёмы) рассматриваются как один с массой, объёмом, энергией и импульсом равным сумме этих параметров соединённых частей

ТЕХНОЛОГИЯ *FAST COUPLING*

- ❑ В рамках модели взаимодействия *General Coupling* имеется технология быстрого расчёта взаимодействия – *Fast Coupling*
 - Для “включения” алгоритма *Fast Coupling* используют оператор **PARAM, FASTCOUP**
- ❑ Работа алгоритма моделирования взаимодействия конструкция – жидкость (включая алгоритма группирования элементов) не отличается от “обычного” *General Coupling*
- ❑ Технология *Fast Coupling* на 50-90% быстрее “обычного” *General Coupling*
- ❑ Ограничения на параметры сетки:
 - **Эйлерова сетка должна быть ортогональна и ориентирована строго по осям глобальной системы координат** (проверка этого осуществляется программой и даже небольшое отклонение от этого требования не допускается)
- ❑ Для построения эйлеровой сетки рекомендуется использование оператора **MESH**

РАЗРУШЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- ❑ Разрушение ПВ приводит к перетеканию материала сквозь неё
- ❑ Специальный оператор **COUPLE1** для задания разрушающейся ПВ
 COUPLE1, 23, 4, OUTSIDE, ON, ON, , , , +
 +, **1** ← Номер оператора MESH
- ❑ Для моделирования разрушающейся поверхности взаимодействия необходимо:
 - Применять ROE-решатель: PARAM, LIMITER, ROE, {...}
 - Применять Fast Coupling: PARAM, FASTCOUP, , **FAIL**
 - Использовать операторы **COUP1FL** (для задания условий разрушения ПВ) и **COUP1INT** (если необходимо использовать более одной ПВ)
 - “Плавное” перемещение ПВ после разрушения
- ❑ Применение разрушающихся ПВ возможно при нескольких *эйлеровых* сетках (с “разными” материалами)
- ❑ Возможно моделирование взаимодействия нескольких *эйлеровых* сеток (“регионов”) через разрушающиеся ПВ
 - Для реализации этой возможности необходимо использовать оператор **COUP1INT**

ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ

- Вывод результатов расчёта для *поверхностей* в файл временных зависимостей

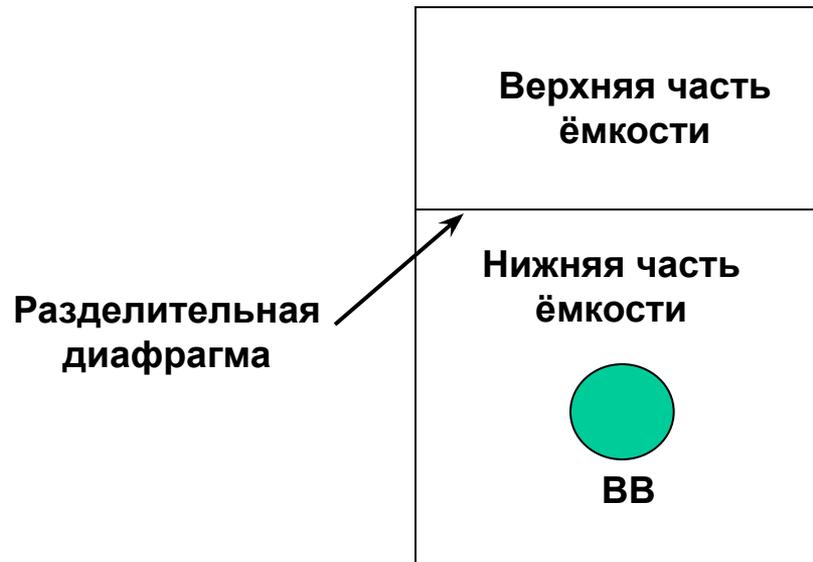
```
TYPE(SURF) = TIMEHIS  
SURFACES(SURF) = 50  
SET 50 = 25  
ELOUT(SURF) = VOLUME, AREA, PRESSURE, MASS  
TIMES(SURF) = 0.0, THRU, END, BY, 1.0E-5  
SAVE(SURF) = 100000
```

- Вывод результатов расчёта для *поверхностей* взаимодействия в “архивный” файл

```
TYPE(CPL) = ARCHIVE  
CPLSURFS(CPL) = 44  
SET 44 = 25  
CPLSOUT(CPL) = PRESSURE, TEMPTURE  
TIMES(CPL) = 0.0, THRU, END, BY, 1.0E-3  
SAVE(CPL) = 100000
```

ПРИМЕР

- Ёмкость частично заполнена водой, вода и пространство над ней разделены алюминиевой диафрагмой; в части ёмкости, заполненной водой находится ВВ. После подрыва ВВ происходит разрыв разделительной диафрагмы и вода выбрасывается в верхнюю часть ёмкости



ВХОДНОЙ ФАЙЛ

```
START
TIME=99999
CEND
ENDTIME=2.0e-3
CHECK=NO
TITLE= test_container for fast coupling
TLOAD=1
TIC=1
SPC=1
$ Output result for request: elem
TYPE (elem) = ARCHIVE
ELEMENTS (elem) = 1
SET 1 = 1 THRU 200 301 THRU 700 101 THRU 300 701 THRU 900
ELOUT (elem) = EFFPL-MID EFFPL-OUT EFFPL-IN EFFST-MID EFFST-OUT EFFST-IN,
    TXX-MID TXX-OUT TXX-IN FAIL-MID FAIL-OUT FAIL-IN
TIMES (elem) = 0 thru end by 0.125e-3
SAVE (elem) = 10000
$ Output result for request: euler
TYPE (euler) = ARCHIVE
ELEMENTS (euler) = 2
SET 2 = ALLEULHYDRO
ELOUT (euler) = XVEL YVEL ZVEL SIE PRESSURE FMAT
TIMES (euler) = 0 thru end by 0.125e-3
SAVE (euler) = 10000
$
```

ВХОДНОЙ ФАЙЛ

```
TYPE(pres2) = ARCHIVE
SAVE(pres2) = 9999
CPLSOUT(pres2) = XVEL,YVEL,ZVEL,PRESSURE,DENSITY,SIE,SSPD
CPLSURFS(pres2) = 32
SET 32 = 1,2
times(pres2) = 0 THRU END BY 0.125e-3
$
$----- Parameter Section -----
PARAM,INISTEP,1.0e-7
PARAM,MINSTEP,1.0e-9
$ Tolerance between ale surface and lagrangian surface
PARAM,STRNOUT,YES
$
$ params defining new solver
PARAM,LIMITER,ROE
PARAM,RKSCHEME,3
$
$ param defining new coupling calculation
PARAM,FASTCOUP,INPLANE,FAIL
$
$
$----- BULK DATA SECTION -----
BEGIN BULK
$
$ --- Define 2819 grid points ---
$
```

ВХОДНОЙ ФАЙЛ

```

GRID      1      0      0      0
GRID      2      1      0      0
GRID      3      2      0      0
GRID      4      3      0      0
GRID      5      4      0      0
GRID      6      5      0      0

.....
GRID      1099      10      14      9
$ -----
$
$ --- Define 900 elements
$
$ ----- property set Aluminum -----
CQUAD4      1      1      1      2      13      12
CQUAD4      2      1      2      3      14      13
CQUAD4      3      1      3      4      15      14
CQUAD4      4      1      4      5      16      15
    
```

ВХОДНОЙ ФАЙЛ

```

$ ===== PROPERTY SETS =====
$
$      * Aluminum *
PSHELL, 1, 1, 0.1
$
$      * water *
PEULER1,2,,HYDRO,18
$
TICEUL,18,,,,,,,,+
+,SPHERE,400,2,4,7,,,,+
+,ELEM,500,2,5,6,,,,+
+,ELEM,600,2,6,5
$
SPHERE,400,,5.0,6.0,5.0,3.0
SET1,500,2001,THRU,35000  $ The EULER INSIDE THE bottom box is water
    
```

ВХОДНОЙ ФАЙЛ1

```
SET1,600,35001,THRU,50000  $ THE REST OF EULER IS WATER TOO
$
TICVAL,4,,DENSITY,2.466-05,SIE,8.618E09  $ Initialize explosive
TICVAL,5,,DENSITY,0.0935E-3,SIE,0      $ SIE=0 for water
$ use 3.206E08 for 14.7 psi, 5.0817E08 for 23.3 psi
TICVAL,6,,DENSITY,0.0935E-3,SIE,0      $ SIE=0 for water
$TICVAL,7,,DENSITY,0.0935E-3,SIE,0      $ SIE=0 for water
$
$ ===== MATERIAL DEFINITIONS =====
$ ----- Material Aluminum id =1
DMATER,1,2.5977E-4,10.5E+6,0.33,,,1,1
YLDVM, 1, 48000.
FAILMPS, 1, 0.22
$
$ ----- Material water id =2
DMAT, 29.35e-05, 2
EOSPOL, 2, 319083.
$
```

ВХОДНОЙ ФАЙЛ

```
$ ----- LBC-name = bottom_surface (water & explosive) -----  
SURFACE, 1, ELEM, 3  
SET1, 3, 1, THRU, 200, 301, THRU, 700  
COUPLE1,1,1,OUTSIDE,,,,,,,,+  
+,,1,,1  
MESH,1,BOX,,,,,,,,+  
+,-0.2,-0.2,-0.2,10.5,10.5,10.5,,,+  
+,30,30,30,,2001,2001,EULER,2  
$  
$ ----- LBC-name = top_surface (air initially but then converted to water)  
SURFACE, 2, ELEM, 4  
SET1, 4, 101, THRU, 300, 701, THRU, 900  
$  
COUPLE1, 2, 2, OUTSIDE, , , , , , +  
+, , 2, , 1
```

ВХОДНОЙ ФАЙЛ

```
MESH,2,BOX,,,,,,+  
+,-0.2,9.8,-0.2,10.5,6.0,10.5,,,+  
+,15,15,15,,35001,35001,EULER,2  
$  
COUP1FL,1,1.1463E-07,3.206E+08  
$  
COUP1INT,1,1,2  
$  
FLOWDEF, 1, , HYDRO, , , , , +  
+, FLOW, BOTH  
$  
ENDDATA
```