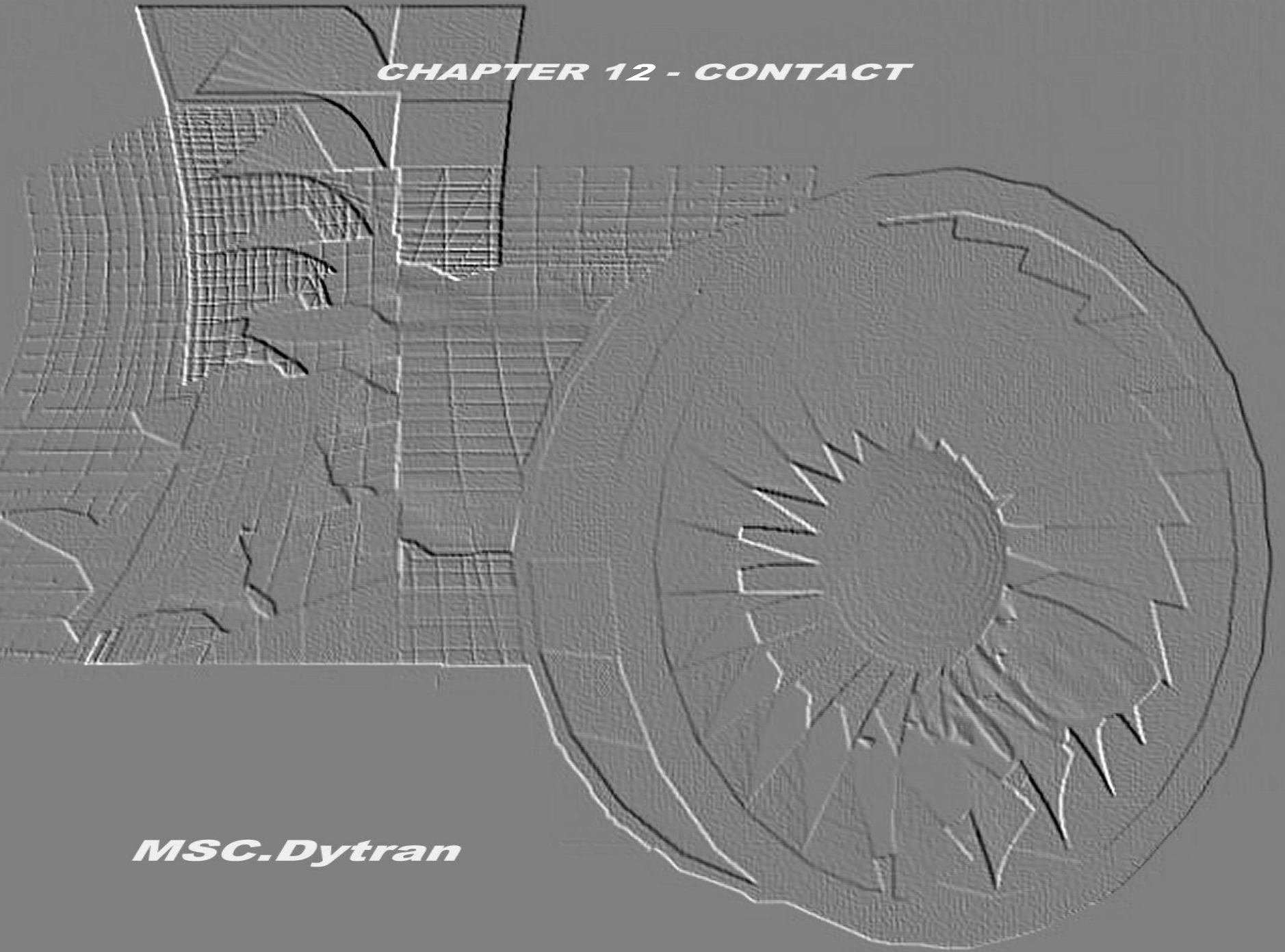


***CHAPTER 12 - CONTACT***



***MSC.Dytran***

## СОДЕРЖАНИЕ

- ❑ **Что такое контакт**
- ❑ **Контакт типа *Master – Slave***
- ❑ **Контакт типа *Single Surface* (самоконтакт)**
- ❑ **Адаптивный контакт**
- ❑ **Метод моделирования контакта**
- ❑ **Идентификация контактного взаимодействия**
- ❑ **Контактная сила**
- ❑ **Параметры моделирования контактного взаимодействия**
- ❑ ***Выходные характеристики* контакта**

## ЧТО ТАКОЕ КОНТАКТ

- Контакт – это взаимодействие между узлами и/или элементами *лагранжевой* конечно-элементной сетки
  
- Три типа контакта:
  - Контакт типа *Master – Slave*
  - Контакт типа *Single Surface* (самоконтакт)
  - Адаптивный (или разрушающийся) контакт

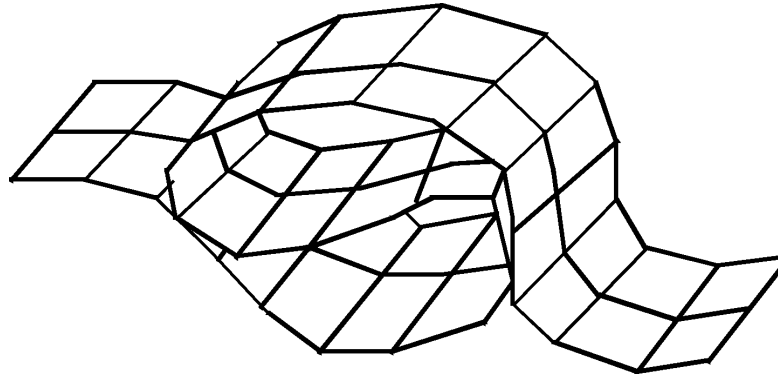
## КОНТАКТ ТИПА *Master - Slave*

*Slave* поверхность

*Master*  
поверхность

- ❑ Предотвращает взаимное проникновение двух поверхностей
- ❑ Эффективный, экономный в вычислительном плане алгоритм моделирования
- ❑ Пример: контакт между поверхностями 202 и 102  
CONTACT, 1, SURF, SURF, 202, 102  
SURFACE, 102, , PROP, 103  
SURFACE, 202, , MAT, 203

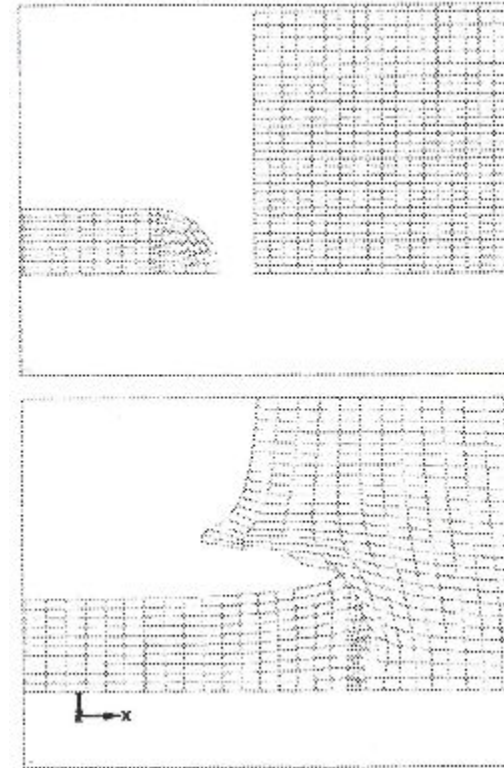
## КОНТАКТ ТИПА *Single Surface* (САМОКОНТАКТ)



- ❑ Предотвращает взаимное проникновение поверхностей и взаимное проникновение отдельных частей поверхности (самопроникновение)
- ❑ Применим для моделирования проблем с потерей устойчивости, в которых зоны контактного взаимодействия заранее предсказаны быть не могут – при решении таких задач все части конструкции могут быть описаны как *Single Surface*
- ❑ Затратный в вычислительном плане, но “мощный” алгоритм
- ❑ Простой в использовании алгоритм
- ❑ Пример: самоконтакт поверхности 204  
CONTACT, 1, SURF, , 204  
SURFACE, 204, , ELEM, 204

# АДАПТИВНЫЙ КОНТАКТ

- ❑ Моделирование контакта между лагранжевыми *разрушающимися* сетками
- ❑ Если элемент разрушился, то в дальнейших вычислениях он не участвует, а поверхность контакта автоматически обновляется (при инициализации вычислений поверхность контакта генерируется автоматически)



- ❑ Пример: контакт между объектами, моделируемыми элементами со свойствами 202 и 102

CONTACT, 1, PROP, PROP, 202, 102, , , , +  
 +, , , , **YES**

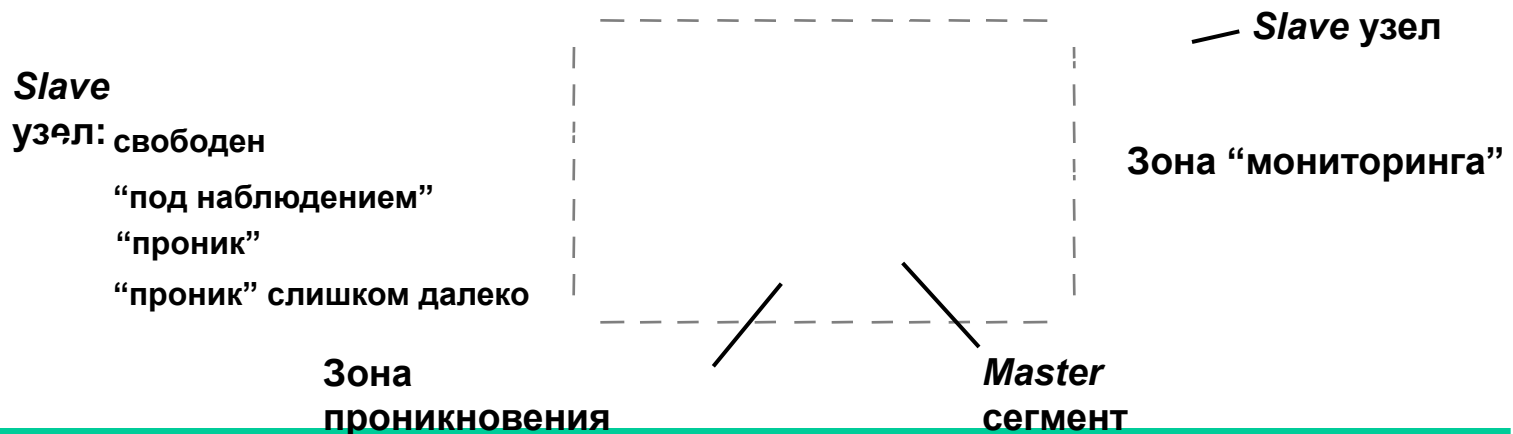
“Включён” адаптивный контакт

## МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТАКТА

- ❑ **Контакт моделируется с использованием метода штрафов**
  - Допускается проникновение узлов в “сопредельную” поверхность
  - Силы, перпендикулярные поверхности контакта, “выталкивают” узлы
  - Обеспечивается соблюдение закона сохранения количества движения
  
- ❑ **Основа моделирования контакта – взаимодействие *Master* поверхности и *Slave* узлов**
  - *Slave* узлы “отслеживаются” на предмет их взаимодействия с *Master* поверхностями
  - Контакт в MSC.Dytran – несимметричный!!!
  - Исключение – контакт типа *Single Surface* (самоконтакт)

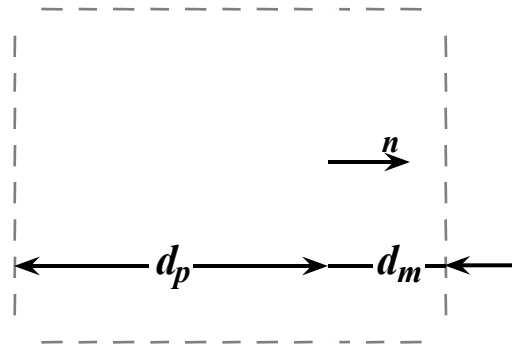
## МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- **Четыре зоны (возможного) контактного взаимодействия**
  - Узлы “свободны” (не взаимодействуют) – контактный алгоритм “выключен”
  - Узлы в пределах зоны “мониторинга” – идут проверки на предмет возможного проникновения (т.е. на предмет контактного взаимодействия)
  - При наличии проникновения – приложение к *Slave* узлу силы для “возвращения” его на поверхность контакта
  - При проникновении более определённой величины – отсутствие выталкивающей силы (потеря контакта)





## МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

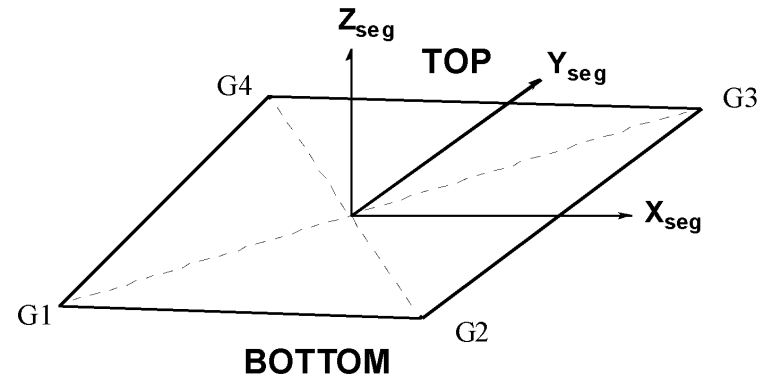


- ❑ **Глубина зоны проникновения может быть задана пользователем**
  - Этот параметр “участвует” в обеспечении устойчивости расчёта
  
- ❑ **Глубина зоны “мониторинга” динамически корректируется: она автоматически увеличивается, если скорость Slave узлов велика, то глубина зоны “мониторинга” увеличивается**
  - Параметр корректировки глубины зоны “мониторинга” может быть задан пользователем

## МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

### □ Поверхности могут взаимодействовать различными поверхностями

- Взаимодействие *slave* узлов с верхней (TOP) стороной *Master* поверхности  
`CONTACT, 1, SURF, SURF, 202, 102, , , , +`  
`+, , TOP`
- Взаимодействие *slave* узлов с нижней (BOTTOM) стороной *Master* поверхности  
`CONTACT, 1, SURF, SURF, 202, 102, , , , +`  
`+, , BOTTOM`

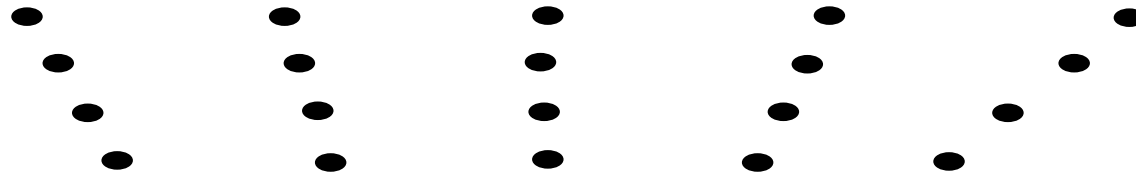


### □ При выборе опции BOTH (обе) автоматически инициализируется двухстороннее контактное взаимодействие: MSC.Dytran для каждого Slave узла автоматически назначает опцию TOP или BOTTOM и переключает их в процессе расчёта

- Может использоваться только при наличии “начального” зазора между *Master* и *Slave* поверхностями
- Пример:  
`CONTACT, 1, SURF, SURF, 202, 102, , , , +`  
`+, , BOTH`

## МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

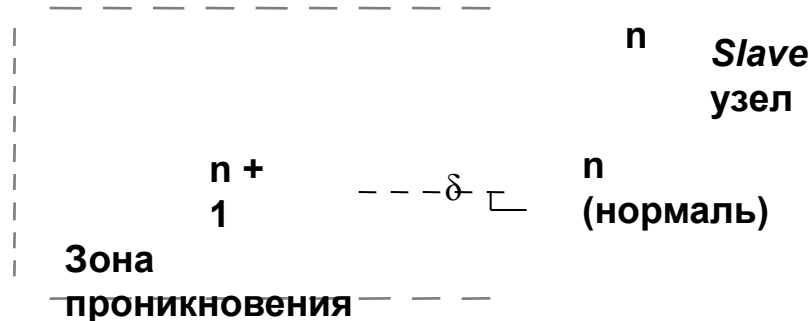
- ❑ Для обеспечения работы алгоритма идентификации контакта нормали всех сегментов поверхности должны иметь согласованное направление
- ❑ Пример контакта с верхней (TOP) стороной поверхности



- В данном случае, если задан контакт нижней (BOTTOM) стороной, то будет иметь место начальное проникновение *Slave* узлов
- Напротив, если будет задан двухсторонний контакт (BOTH), то начального проникновения *Slave* узлов не будет: алгоритм первоначальной идентификации контакта правильно распознает ситуацию

## КОНТАКТНАЯ СИЛА

- Предположим, что за время с  $t_n$  по  $t_{n+1}$  **Slave** узел “проник” сквозь **Master** сегмент на глубину  $\delta$



- Контактная сила вычисляется как

$$F = \frac{FACT * W_{mas}}{\Delta t^2} * \delta * \bar{n}$$

где  $\Delta t$  – шаг интегрирования по времени;

$$W_{mass} = \frac{M_{master} * M_{slav}}{M_{master} + M_{slav}^e}$$

**FACT** – коэффициент (для обеспечения устойчивости расчёта по умолчанию равен 0,1)

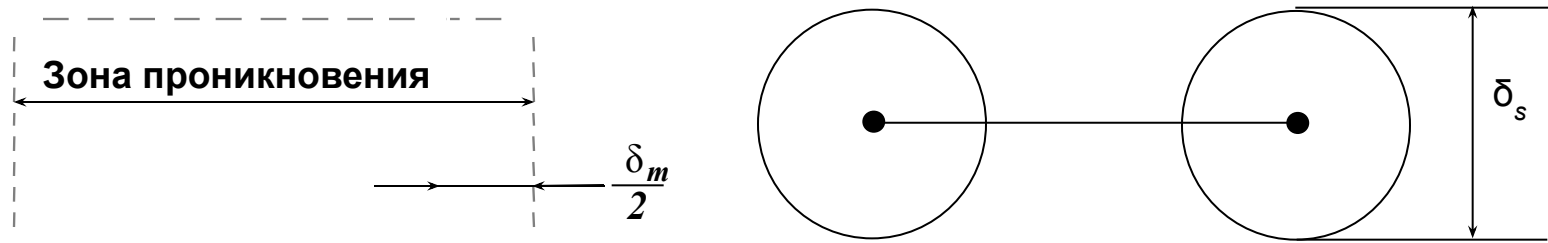
- Заметим, что значение  $FACT=1,0$  равнозначно использованию метода множителей Лагранжа

## ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

- **Обеспечение выполнения закона сохранения импульса**
  - **Вычисленное значение контактной силы прикладывается к *Slave* узлу в направлении, обеспечивающем “выталкивание” его на *Master* поверхность**
  - **Одинаковая по величине, но противоположная по направлению сила прилагается к узлам *Master* поверхности**

## ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТАКТА - THICK

- Толщина контактирующих оболочек может принята во внимание при моделировании контакта
  - Зона проникновения (т.е. зона, нахождение в которой *Slave* узла идентифицируется как наличие контактного взаимодействия) увеличивается на величину, равную половине произведения заданного пользователем коэффициента на толщину *Master* оболочки
  - При вычислении глубины проникновения во внимание принимается “откорректированное” положение *Slave* узла (с учётом половины произведения заданного пользователем коэффициента на толщину *Slave* оболочки)



## ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТАКТА - GAP

- При выполнении моделирования может быть введена *искусственная контактная толщина* (“GAP”)
  - При введении *искусственной контактной толщины* зона проникновения увеличивается на величину GAP (и не зависит от действительной толщины оболочки)



## ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТАКТА - FRICTION

- ❑ При моделировании контакта может быть учтено трение (по умолчанию трения нет)
- ❑ Возможная зависимость величины коэффициента трения от скорости относительного скольжения контактирующих поверхностей также может быть учтена

$$\mu = \mu_k + (\mu_s - \mu_k) \cdot e^{-\beta v}$$

где  $\mu_k$  – “кинетический” коэффициент трения;

$\mu_s$  – “статический” коэффициент трения;

$\beta$  – коэффициент;

$v$  – скорость относительного скольжения взаимодействующих поверхностей

- ❑ Пример: контакт типа Master – Slave между поверхностями 3 и 7 со статическим коэффициентом трения 0,3

CONTACT, 1, SURF, SURF, 3, 7, 0.3



## ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТАКТА – (DE)ACTIVATION

- ❑ Для уменьшения затрат времени на вычисления контакт может активироваться и деактивироваться

  - Параметр TSTART – значение времени, при котором контакт активируется (по умолчанию TSTART = 0)
  - Параметр TEND – значение времени, при котором контакт деактивируется (по умолчанию TEND = ENDTIME)
  
- ❑ Пример: контакт типа Master – Slave между поверхностями 3 и 7 активируется при  $t=0,1$  и деактивируется при  $t=0,5$

```
CONTACT, 1, SURF, SURF, 3, 7, , , , +
+, , , , , , , , +
+, 0.1, 0.5
```

## ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТАКТА

❑ Вывод результатов расчётов для контактов возможен только в файлы временных зависимостей и специфицируется с помощью следующих операторов

- **CONTOUT** – задание перечня выводимых переменных
- **CONTS** – задание номера набора, включающего номера контактных поверхностей, для которых будут выводиться результаты
- **STEPS/TIMES** – задание временных интервалов вывода результатов
- **TYPE** – задание типа файла, в который будут выводиться результаты (только TIMEHIS)
- **SAVE** – интервал создания новых файлов с результатами

❑ Пример:

TYPE (contact\_File) = TIMEHIS

CONTOUT (Contact\_File) = XFORCE, YFORCE, ZFORCE, FMAGN, AMAGN

CONTS (Contact\_File) = 10

SET 10 = 111

TIMES (Contact\_Files) = 0.0 THRU END BY 1.0E-4

SAVE (Contact\_File) = 1000000

## **ВЕРСИИ КОНТАКТА**

- V2 и V3 – устаревшие**
- V4 – новая версия (рекомендуется к применению в общем случае)**
- BELT и BELT1 – моделирование ремней безопасности**
- DRAWBEAD – моделирование специальных зажимов при листовой штамповке**

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПЦИИ DRAWBEAD

- ❑ Версия контакта DRAWBEAD разработана для использования при моделировании листовой штамповки. Необходимо сформировать список узлов, определяющих положение вытяжного бурта, которые затем будут использоваться для задания *мнимых* стержневых элементов, описывающих вытяжной бурт. Оператор RCONN используется для соединения узлов вытяжного бурта и деталей прессы. Пользователь должен задать величину “удерживающих” сил (в ед. силы на ед. длины) в операторе описания контакта (опция DRAWBEAD) и опции VERSION значение DRAWBEAD

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПЦИИ DRAWBEAD

### □ Пример:

**CROD,501,1,5001,5002**

**SET1,51,5001,5002 \$** Список узлов, определяющих вытяжной бурт

**PROD,1,5,1.0E-20 \$** масса мнимых стержней должна быть нулевой

**MAT1,5,1.0E-20,,0.3,1.0E-10 \$** масса мнимых стержней должна быть нулевой

**\$** Соединение между узлами вытяжного бурта (GRID SET = 51) и

**\$** инструментом (SURFACE ID = 11)

**RCONN,1,GRID,SURF,51,11,,,,+**

**+,,,,,,,,+**

**+YES**

**\$** Задание удерживающей силы – силы между узлами вытяжного бурта

**\$** (GRID SET = 51) и заготовкой (SURFACE ID = 1)

**CONTACT,1,GRID,SURF,51,1,,,,+**

**+DRAWBEAD,,,,1.0,,,,+**

**+,,,,,,,,+**

**+,,,,,,,,+**

**+,<drawbead f=force/length>**