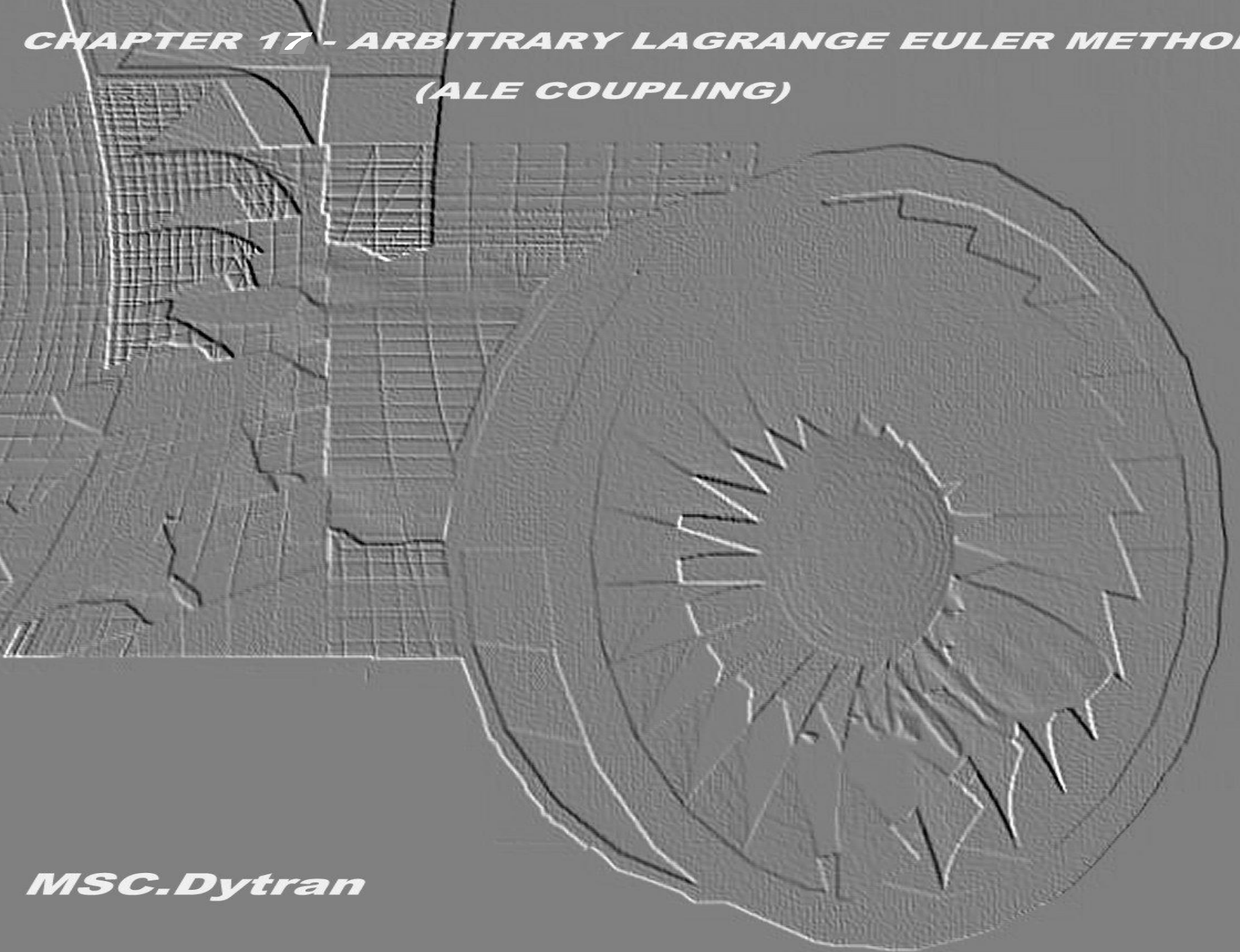


**CHAPTER 17 - ARBITRARY LAGRANGE EULER METHOD
(ALE COUPLING)**



MSC.Dytran

СОДЕРЖАНИЕ

- ❑ **Идея модели Arbitrary Lagrange Euler Motion**
- ❑ **Основы применения принципа ALE в MSC.Dytran**
- ❑ **Сущность подхода ALE**
- ❑ **Технология ALE в MSC.Dytran**
 - **Взаимодействие конструкция – жидкость при использовании модели взаимодействия ALE**
- ❑ **Чем определяется перемещение внутренних ALE-узлов**
- ❑ **Преимущества модели взаимодействия ALE**
- ❑ **Интерфейс технологии ALE**

ИДЕЯ МОДЕЛИ **A**RBITRARY **L**AGRANGE **E**ULER MOTION

- ❑ Основная идея модели взаимодействия ALE: движущаяся эйлерова сетка

- ❑ Скорость перемещения узлов эйлеровой сетки определяется
 - Граничными условиями
 - Вынужденным перемещением
 - Движением поверхностей взаимодействия (через алгоритм ALE)

- ❑ Взаимодействие жидкости (газа) с конструкцией осуществляется через интерфейс ALE

ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПА ALE В MSC.Dytran

□ Обозначим:

- Скорость узлов – V_g
- Скорость перемещения материала V_m

□ В лагранжевом решателе (подходе)

$$V_g = V_m$$

□ В эйлеровом решателе (подходе)

$$V_g = 0$$

□ В подходе ALE

$$V_g = \text{“любая предписанная”}$$

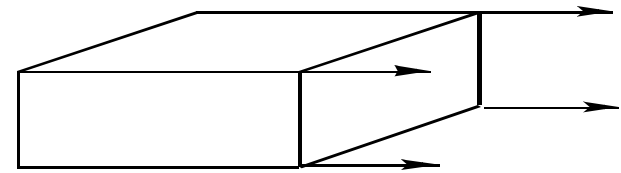
СУЩНОСТЬ ПОДХОДА ALE

- ❑ Допускается перемещение *эйлеровой* сетки: скорости узлов отличны от нуля
- ❑ Скорость перемещения узлов сетки и скорость перемещения материала не равны (но могут и совпадать)
 - Даже если материал неподвижен в пространстве, а сетка движется, то материал перемещается между “ячейками” движущейся сетки
 - Относительная скорость материала и сетки:

$$\Delta_{vol} = (U_{mat} - U_{grid}) \cdot \Delta t$$

- ❑ Вычислительный алгоритм в целом аналогичен стандартной *эйлеровой* технологии

Движущаяся эйлерова сетка (ALE-движение)



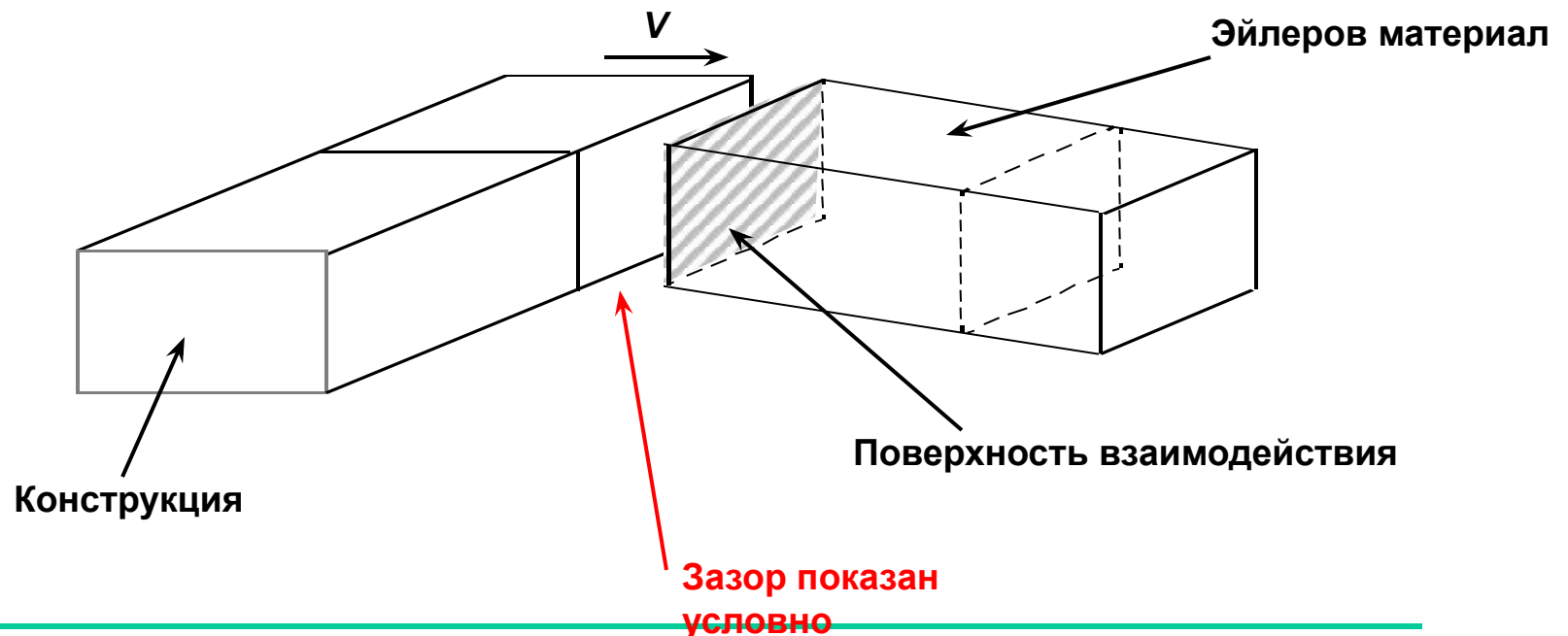
Скорость узлов



Скорость материала

“МЕХАНИЗМ” ALE

- ❑ При использовании технологии ALE узлы *эйлеровой* сетки подвижны
- ❑ Узлы *эйлеровой* сетки, находящиеся на поверхности взаимодействия (с конструкцией), двигаются вместе с узлами конструкции



ЧЕМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ “ВНУТРЕННИХ” ALE-УЗЛОВ

- ❑ Перемещение узлов *эйлеровой* сетки, специфицированных как *ALE-узлы*, определяется перемещением перемещениями соседних *эйлеровых* узлов и перемещениями узлов конструкции, контактирующих с узлами *эйлеровой* сетки. Движение конструкции как бы “распространяется” по *эйлеровой* сетке
- ❑ Алгоритм ALE работает так, чтобы минимизировать искажение *эйлеровой* сетки
- ❑ Предоставляется возможность выбора из нескольких алгоритмов, определяющих перемещение узлов *эйлеровой* ALE сетки
- ❑ Оператором **ALEGRID** задаются параметры перемещения “внутренних” *ALE-узлов*

- Пример:

ALEGRID, 28, , , SPECIAL, , , , +
+, <список ALE-узлов>

Алгоритм, определяющий перемещение *ALE-узлов*

ПРЕИМУЩЕСТВА МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ALE

- ❑ Эйлерова сетка может быть весьма мала, так как она движется вместе с конструкцией
- ❑ В отличие от модели взаимодействия General Coupling при использовании технологии ALE MSC.Dytran не выполняет на каждом шаге интегрирования вычисление зоны пространства, в которой пересекаются *лагранжева* и *эйлерова* сетки
- ❑ На каждом шаге решения необходимо только определение конечных объёмов, в которых присутствует жидкость, и определение поверхности фактического контакта конструкции и жидкости
- ❑ Благодаря этому технология ALE:
 - Экономичная в вычислительном плане
 - Точная

ИНТЕРФЕЙС ТЕХНОЛОГИИ ALE

- ❑ Узлы на поверхности соприкосновения *лагранжевой* и *эйлеровой* сеток должны иметь одинаковые координаты, но не могут быть общими для разных частей модели
- ❑ На гранях *лагранжевой* сетки должна быть создана поверхность – “*лагранжева часть*” интерфейса ALE
- ❑ На гранях *эйлеровой* сетки должна быть создана поверхность – “*эйлерова часть*” интерфейса ALE
- ❑ С помощью оператора **ALE** между двумя указанными поверхностями устанавливается связь

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|-----|-------|-------|---|---|---|---|---|----|
| ALE | AID | SIDLG | SIDEU | | | | | | |
| ALE | 32 | 3 | 5 | | | | | | |

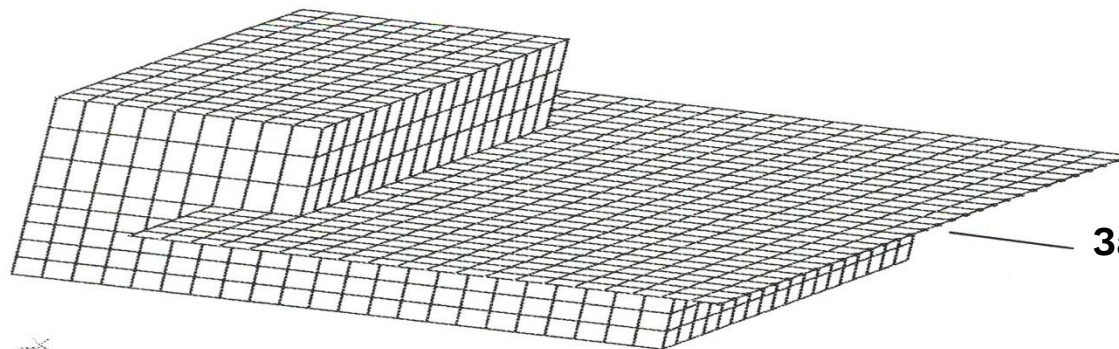
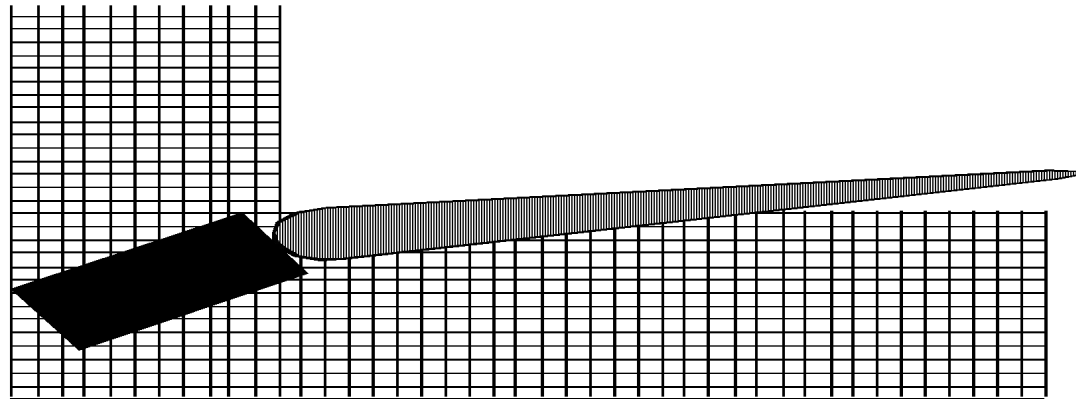
AID – номер интерфейса

SIDLG – номер поверхности – “лагранжевой части” интерфейса ALE

SIDEU – номер поверхности – “эйлеровой части” интерфейса ALE

ПРИМЕР

- “Птица” цилиндрической формы, имеющая скорость 290 м/с, ударяется о тонкую защемлённую пластину под углом 45°



Защемлённое ребро
пластины



ПРИМЕР

- Форма деформации конструкции в момент времени, соответствующий 254-му шагу интегрирования

