

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

**Вычислительная гидродинамика. Построение расчетных сеток в
препроцессоре Gambit.**

Методические указания для самостоятельной и научной
работы студентов специальности 270109
и аспирантов специальности 05.23.03

Казань 2010

УДК 697.1,697.9

ББК _____

Вычислительная гидродинамика. Построение расчетных сеток в препроцессоре Gambit / Сост.: А.М. Зиганшин. – Казань: КазГАСУ, 2010. - 34 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

Методические указания предназначены для студентов специальности 270109 и аспирантов специальности 05.23.03 в их самостоятельной работе над курсами «Гидравлика», «Тепломассообмен», «Механика, жидкости и газа», «Отопление», «Вентиляция», «Процессы и аппараты пылегазоочистки» и других, а также в научной работе, при моделировании теплогидродинамических процессов: на первом этапе – построении расчетных сеток.

Рецензент: доц. каф. высшей математики КазГАСУ, к.ф-м.н. Лабуткин А.Г.

УДК 697.1, 697.9
ББК _____

- © Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2010
- © Зиганшин А.М., 2010

Содержание

Введение	4
1. Интерфейс программы.....	6
1.1. Работа с мышью.....	7
1.2. Работа с диалоговыми окнами	8
Панель управления.....	9
Панель операций	10
Создание геометрии	10
Создание сетки	15
Установка типов зон (установка границ).....	19
1.3. Примеры	21
Пример 1.....	21
1 этап. Узлы.....	22
2 этап. Ребра	23
3 этап. Грани	23
4 этап. Построение сетки.....	24
5 этап. Установка границ.....	25
Пример 2.....	25
1 этап. Построение узлов.....	28
2 этап. Построение ребер.....	28
3 этап. Построение граней.....	29
4 этап. Построение сетки.....	30
5 этап. Установка границ.....	33

Введение

Вообще алгоритм решения задач в программном комплексе следующий: создание геометрии и расчетной сетки в любом препроцессоре поддерживающем возможность экспорта в Fluent, затем непосредственно решение в процессоре – Fluent, постпроцессинг (постобработка) – визуализация результатов решения, которую можно проводить как средствами самого Fluent, так и другими программами.

Сейчас освоена следующая связка продуктов:

Препроцессор – Gambit (v1.3, среда эмуляции - Exceed v6), процессор – Fluent v6 (v6.3.18). При обработке результатов решения используются средства самого Fluent – на первоначальных этапах для предварительного просмотра результатов, а также для экспорта результатов в другие форматы – Tecplot и Excel. В программе Tecplot строятся изолинии необходимых величин, которые затем экспортируются либо в векторном формате (wmf) в случае черно-белых рисунков, либо в растровом (bmp) – для цветных. Дальнейшее оформление рисунков производится в графическом редакторе CorelDRAW. При необходимости построить эпюры, распределения величин в различных характерных сечениях исследуемой области – из Fluent выгружается информация в текстовом виде, затем необходимым образом обрабатывается в табличном процессоре Excel. При необходимости на этом этапе проводятся соответствующие расчеты с полученными данными. И затем строятся необходимые графики в графическом редакторе AutoCAD и экспортируются в CorelDRAW. Для удобства написан комплекс программ позволяющий в полуавтоматическом режиме конвертировать и обрабатывать данные экспортированные из Fluent и передавать эту информацию в Excel, а затем автоматически строить необходимые графики в программе AutoCAD. Такая технология постобработки позволяет наиболее гибко получать качественные и хорошо оформленные результаты численных вычислений.

Данные указания не претендуют на полное и всесторонне описание работы и интерфейса программы. Описаны те диалоги, опции и функции которые использовались автором при решении задач о движении воздуха вблизи вентиляционных приточных и вытяжных отверстий, а также над теплоисточниками. Решаемые задачи, в основном, ограничивались плоскими случаями.

Наиболее полным руководством, описывающим все возможности программы, является ее *Справка (Help)*.

1. Интерфейс программы

Общая технология построения геометрии такова: необходимо по координатам построить *узлы* (*vertex*). Здесь и далее полужирным курсивом будут выделены термины переведенные с английского и использующиеся в диалоговых окнах интерфейсов программ, для удобства использования в скобках будут указаны другой возможный перевод и оригинальное название термина. После этого точки соединяются в *ребра* (границы, *edge*), а ребра в *грани* (поверхности, *face*). Если задача трехмерная, то на следующем этапе грани объединяются в *объемы* (*volume*). После этого в области создается расчетная сетка.

Построение начинается с запуска программы gambit.exe (обычно находится по адресу: C:\Fluent.Inc\ntbin\ntx86\ gambit.exe). После чего если запуск программы эмуляции среды (HummingBird Exceed) и самого Gambit прошел успешно должно появиться основное окно программы рис. 1. В случае если при первоначальной загрузке произошел сбой в результате которого окно просто закрылось без выдачи сообщения об ошибках необходимо в директории по адресу: C:\Fluent.Inc\ntbin\ntx86\ удалить все папки с именами типа GAMBIT.XXXX (где XXXX – любые цифры), а также удалить все файлы с именем default_id и разными расширениями – loc,....

В случае если при загрузке выдается сообщение, о какой либо конкретной ошибке необходимо убедиться в правильности установки среды эмуляции - HummingBird Exceed и самого препроцессора Gambit.

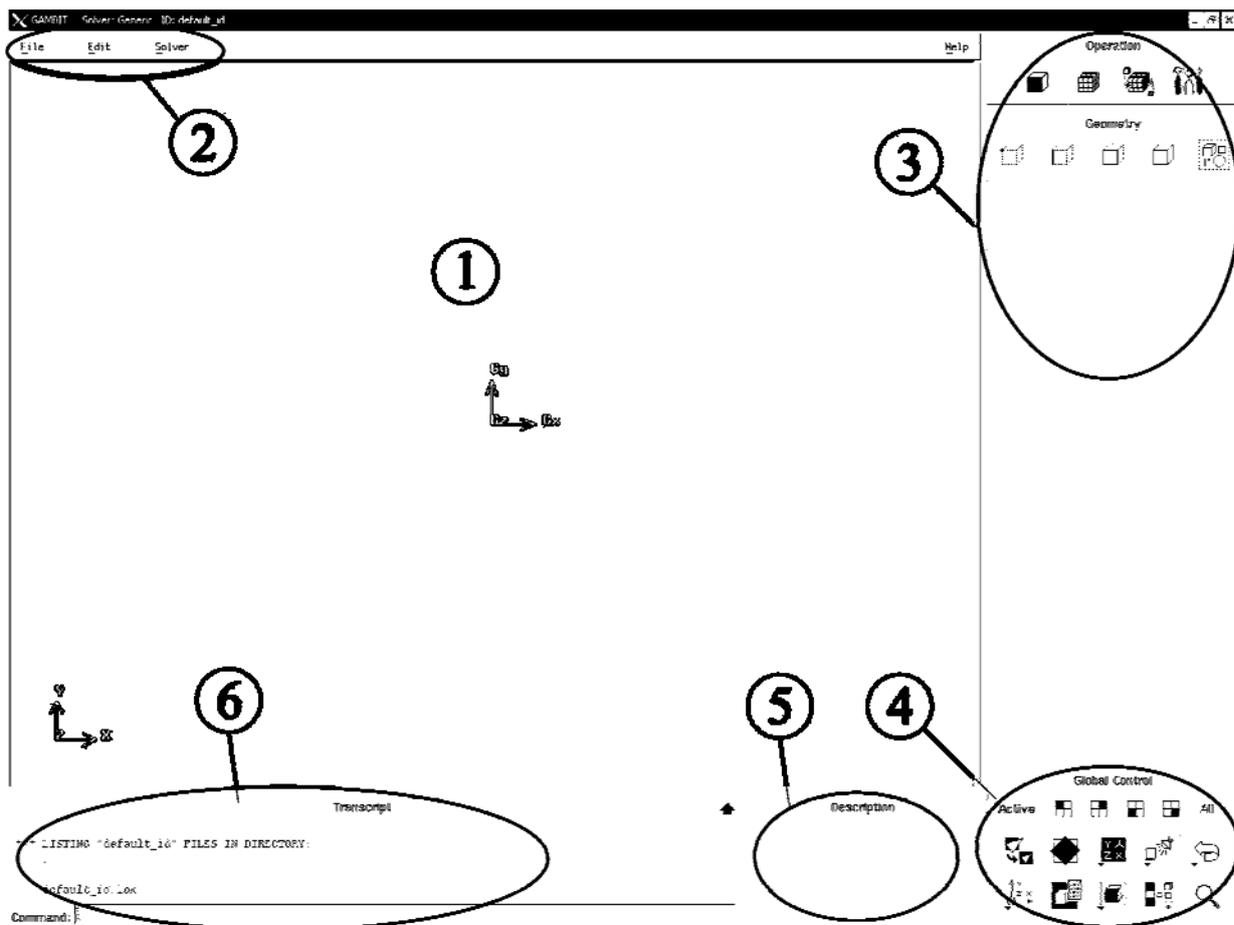


Рис. 1

Окно имеет следующие зоны: основное окно-1; строка меню -2; панель операций (*Operation*) -3; панель управления (*Global Control*)-4; строку описания (*Description*) - 5 и командную строку (*Command, Transcript*) -6.

В **основном окне** производится отображение построений. Оно может быть разбито на четыре квадранта для одновременного отображения объекта в разных проекциях.

1.1. Работа с мышью

Для увеличения или уменьшения объекта в основном окне (**зуммирования**) необходимо нажать правую кнопку мыши и удерживая ее в нажатом положении двигать соответственно вниз или вверх. **Передвижение (панорамирование)** производится при нажатой средней кнопке мыши

(нажатом ролике мыши). **Поворот** производится при нажатой левой кнопке мыши.

Для выбора объектов в основном окне нужно при помощи левой кнопки мыши с одновременно нажатой клавишей Shift (на клавиатуре) рамкой (или по одиночке) выделить нужные объекты.

При работе в **панели управления** нажатие на кнопки производится левой кнопкой мыши. Если в левой нижней части кнопки изображен треугольник – возможны дополнительные действия при нажатии на эту кнопку правой кнопкой мыши.

1.2. Работа с диалоговыми окнами

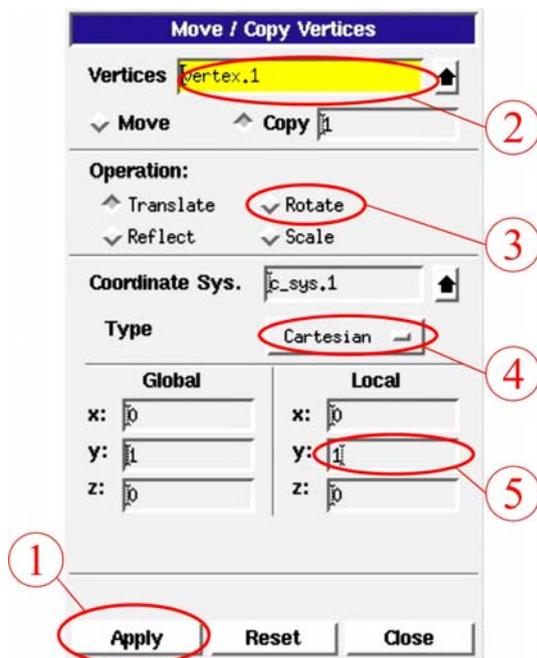


Рис. 2

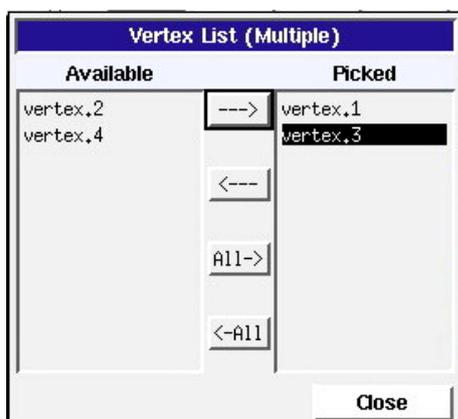


Рис. 3

В диалоговых окнах встречаются следующие основные типы управляющих элементов (рис. 2):

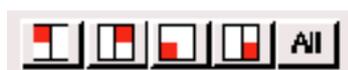
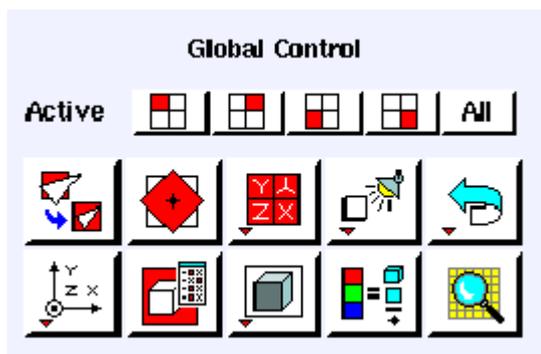
1 – кнопка; 2 – выпадающий список, позволяет выбрать значения из списка (рис. 3), также можно вводить выделением нужных объектов в основном окне программы (с нажатой клавишей shift); 3 – переключатель, позволяет выбрать одно из возможных значений из группы переключателей; 4 – кнопка выбора опций; 5 – текстовое поле, позволяет вводить соответствующие данные вручную.

Выпадающий список позволяет выбрать один или несколько элементов. Выбранные элементы отражаются в списке **Выбранные (Picked)**, все имеющиеся в списке **Доступные (Available)**. Кнопками --

> и <--, а также All→ и ←All можно перемещать элементы из одного списка в другой по одному или все вместе.

Панель управления (Global Control)

Служит для управления отображением в основном окне, отмены/повтора операций.



Верхняя часть панели служит для заморозки/разморозки видов в квадрантах основного окна.

Основные команды панели управления:



Уместить на экране (*Fit to Window*) – увеличивает масштаб

отображения объекта до размеров основного окна.



Выбрать установленную конфигурацию (*Select Preset Configuration*) – приводит основное окно к одному из шести предустановленных видов. При нажатии

правой кнопкой появляется возможность выбора:



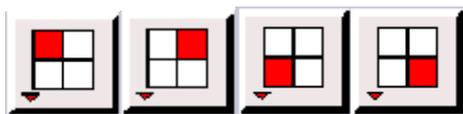
- в окне все четыре

квадранта, в которых отображается объект с трех проекций, и в изометрии;



- в окне все четыре квадранта в которых объект отображен в

изометрии;

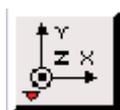


- следующие четыре кнопки



позволяют развернуть соответствующий квадрант во все окно.

Отмена/Повтор (Undo/Redo) – отмена сделанных изменений или повтор



последних отмененных операций.

Ориентировать модель (Orient

Model) – группа кнопок, позволяющая определенным образом ориентировать модель относительно осей координат.

Панель операций



Состоит из кнопок позволяющих создавать геометрию и создавать в этой геометрии расчетную сетку. Кнопки организованы в иерархию при нажатии на каждую из кнопок вниз открывается группа кнопок позволяющих выполнять соответствующие операции.

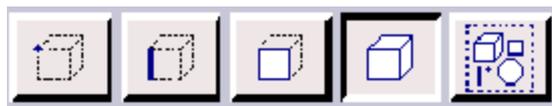
Создание геометрии

При нажатии на первую кнопку -



Геометрия (**Geometry**) открывается

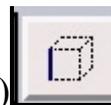
следующая группа кнопок:



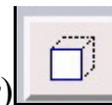
для создания узлов (**vertex**)



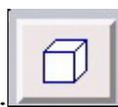
, ребер (**edge**)



, граней (**face**)

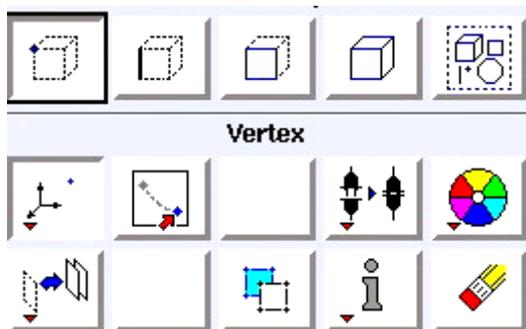


объемов (**volume**).



При нажатии на эти кнопки открываются наборы кнопок для построения соответствующих элементов, а также для операций над ними.

Узел (Vertex)



При нажатии на первую кнопку *Создание узла (Create Real Vertex)* открывается диалог (рис. 4) позволяющий построить узел по координатам. В поле *Система координат (Coordinate Sys.)* можно выбрать систему координат относительно

которой будут вычисляться вводимые координаты. Координаты узла

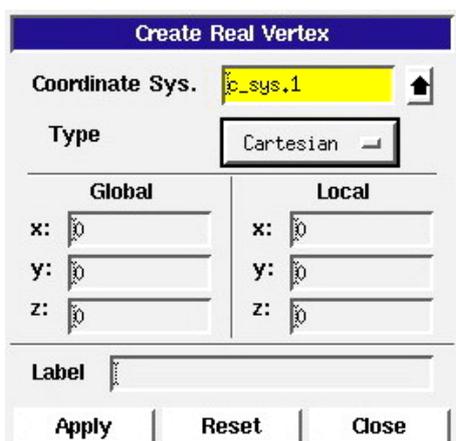


Рис. 4

вводятся в соответствующие поля по координатам. В полях *Глобальной* системы (*Global*) координаты вводятся в прямоугольной системе координат, а в *Локальной (Local)* вводятся в той системе, которая выбрана в поле *Тип (Type)*. Вводить нужно в одной из групп координат, в другой координаты пересчитываются автоматически. После выбора всех необходимых опций и ввода всех

координат нужно нажать кнопку *Применить (Apply)*, и закрыть диалог кнопкой *Закреть (Close)*. Также, в случае необходимости, можно отменить

все выбранные параметры и введенные данные кнопкой *Сброс (Reset)*.



- *перемещение/копирование узлов (Move/Copy Vertices)* - рис. 5. В поле *Узлы (Vertices)* необходимо выбрать узлы. Это можно сделать в основном окне выделив нужные узлы мышью, либо нажав на стрелку справа от желтого поля, и выбрав их в появившемся списке. Переключатели *Переместить (Move)* и *Копировать (Copy)* соответствующим образом меняют режим

работы диалога. Группа

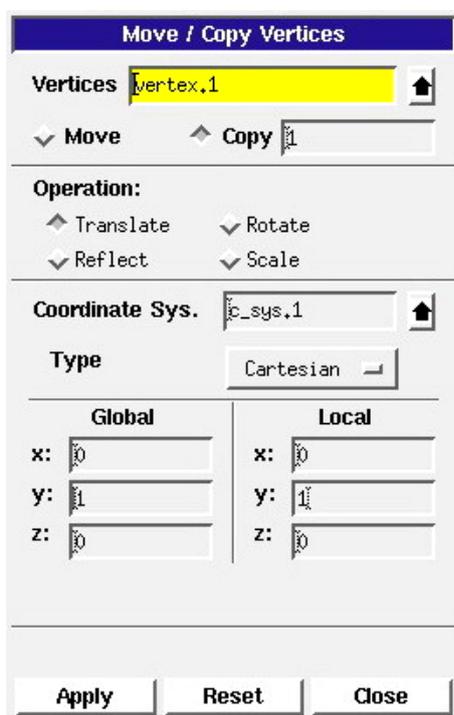


Рис. 5

(Apply).

Ребро (Edge)

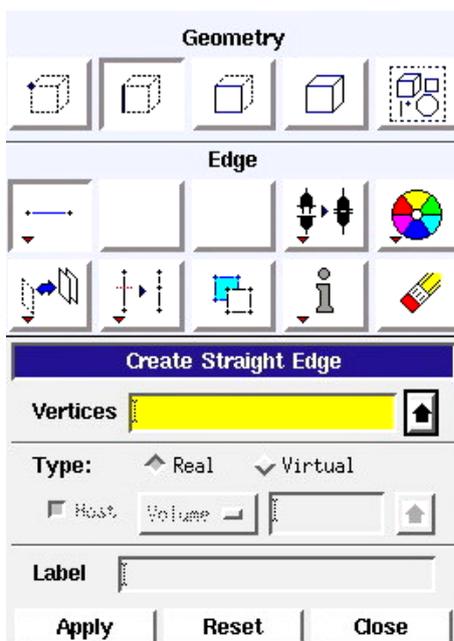


Рис. 6

переключателей *Передвинуть (Translate)*, *Отразить (Reflect)*, *Повернуть (Rotate)*, *Масштабировать (Scale)* меняет способ копирования/перемещения выбранных узлов.

В соответствии с выбранным способом в нижней части диалога необходимо задать параметры. Например, в случае копирования узлов с перемещением копии относительно оригинальных узлов на расстояние 1 м по оси

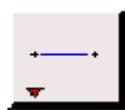
у диалог будет выглядеть как на рис. 5.



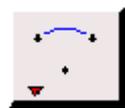
- *удаление узлов (Delete Vertices)*.

Производится выбор узлов требующихся удалить, и нажимается кнопка *Применить*

И первая кнопка – *Создание ребра (Create Edge)* содержит 9 возможных вариантов создания ребер:

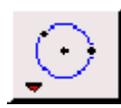


прямого (*Create Straight Edge*);



- круговой дуги (*Create Real Circular*

Arc);

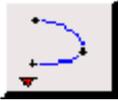
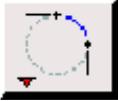
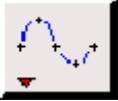


- полной окружности (*Create*

Real Full Circle);



- эллиптической дуги

(Create Real Elliptical Arc);  - конической дуги (Create Real Conic Arc);  - скругление двух ребер (Create Real Fillet Arc) ;  сплайн (Create Real Edge From Vertices);  - круговая дуга вращением (Revolve Vertices);  - проецированное ребро (Project Edge On Face).

К примеру при создании *прямого ребра (Straight Edge)* (рис. 6) нужно в поле *узлы (Vertices)* диалога *Create Straight Edge* выбрать все необходимые для создания ребер узлы. Выбор можно производить через выпадающий список, либо при помощи мыши (левая кнопка мыши и нажатая на клавиатуре клавиша Shift). При этом текущий выбранный узел окрашивается в красный цвет, а выбранные ранее в бледно розовый, невыбранные узлы остаются окрашенными в белый цвет. После выбора всех нужных узлов следует нажать кнопку *Применить (Apply)*, при этом выбранные узлы объединяются в ребра в том порядке в котором они были выбраны. Если при выборе произошла ошибка, можно отменить выбор, нажав кнопку *Сброс (Reset)*. Следует иметь в виду, что один и тот же узел нельзя выбрать дважды за один прием.

Копирование/перемещение, ребер производится аналогично узлам. При удалении ребра имеется возможность удалить все целиком (включая созданные до этого, и входящие в ребра узлы), или только ребра (оставив узлы). Для этого имеется переключатель *Более низкая топология (Lower Topology)*, включая которую, пользователь удаляет как сами ребра так и элементы более низкой топологии (узлы).

Грань (Face)

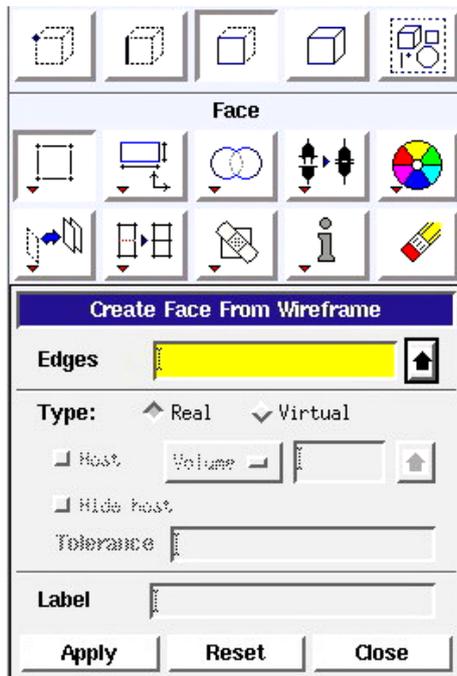
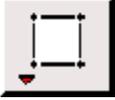
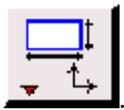


Рис. 7

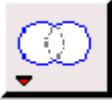
Следующим этапом при создании геометрии является объединение существующих ребер в *грань (Faces)*. Следуя обычной идеологии в данном случае можно создать необходимую грань из уже существующих ребер. Для этого

необходимо при помощи кнопки  *Создать грань (Form Face)* в открывшемся диалоге (рис. 7) в поле *Ребра (Edges)* выбрать все входящие в грань ребра. При этом возможно несколько вариантов. *Создание грани из каркаса (Create Face From Wireframe)* - для

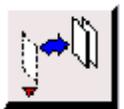
создания грани выбираются ребра. *Создание полигона (Create Real Polygon Face)* – позволяет сразу создавать грань из узлов. Имеется возможность создания более сложных вариантов граней (поверхностей). Кроме этого возможно создание грани сразу из списка существующих примитивов:



где можно выбрать создание прямоугольной грани, круга или эллипса. Также в Gambit возможно создание грани путем произведения над

существующими гранями логических операций. Кнопка  *Логические операции (Boolean Operations)*. А именно – *Объединение (Unites)*, *Пересечение (Intersects)*, и *Вычитание (Subtracts)*.

Также имеются стандартные операции по перемещению/копированию граней



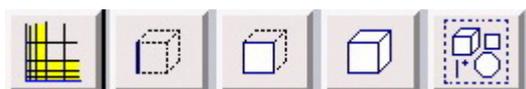
(Move/Copy Faces), а также их удалению  *(Delete Faces)*.

Далее в случае создания трехмерной модели следует объединение граней в объемы.

Создание сетки

Для создания расчетной сетки в панели операций имеется кнопка

Сетка (Mesh) , при нажатии на которую открывается группа:



Первая кнопка из этой панели  **Погранслои (Boundary Layer)**, позволяет разбить на расчетные узлы часть области, непосредственно

прилегающую к границе области. Вторая кнопка **Ребро (Edge)**  – управляет разбиением ребра на узлы. При нажатии на нее открывается группа:

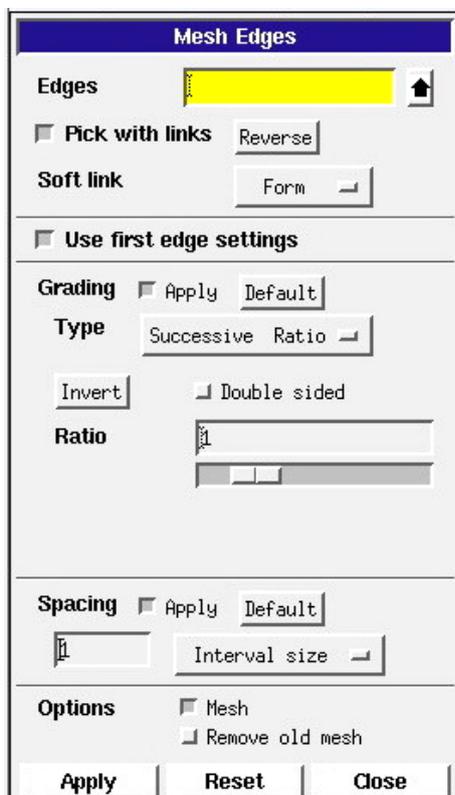
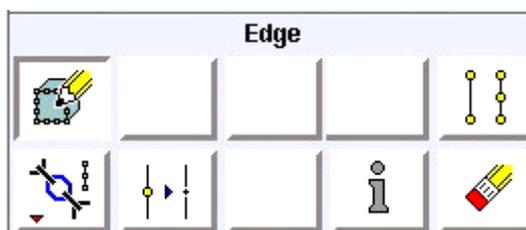


Рис. 8



И первая кнопка из этой группы позволяет разбить ребро на узлы в следующем диалоге - рис. 8.

В поле **Ребра (Edges)** необходимо выбрать ребро (ребра) выбранное для разбивки.

Для равномерной разбивки ребра на узлы необходимо в части диалога **Разбивка (Spacing)** из выпадающего списка выбрать способ разбивки ребра: **Количество**

интервалов (Interval count); Размер интервала (Interval size) или Наикратчайшее ребро (Shortest edge (%)). В текстовом поле указать соответственно желаемое количество интервалов на которое будет разбито выбранное ребро, либо размер интервала, либо в случае способа по наикратчайшему ребру – указывается необходимый размер интервала разбивки ребра в процентах от наикратчайшего ребра имеющегося в моделируемой области (такое наикратчайшее ребро в этом случае подсвечивается). В случае необходимости разбивки ребер на неравномерные интервалы в части диалога *Пропорция (Ratio)* нужно указать число отличное от единицы. В этом случае в выпадающем списке *Тип (Type)* имеется ряд способов неравномерной разбивки. Для разбивки ребра с обеих сторон симметрично нужно включить опцию *Двухсторонняя (Double sided)*.

Остальные команды служат для объединения, разделения и удаления разбивки ребра на узлы.

Следующая кнопка из группы *Сетка (Mesh) - Грань (Face)*  управляет созданием сетки на грани. При нажатии на нее открывается группа кнопок:

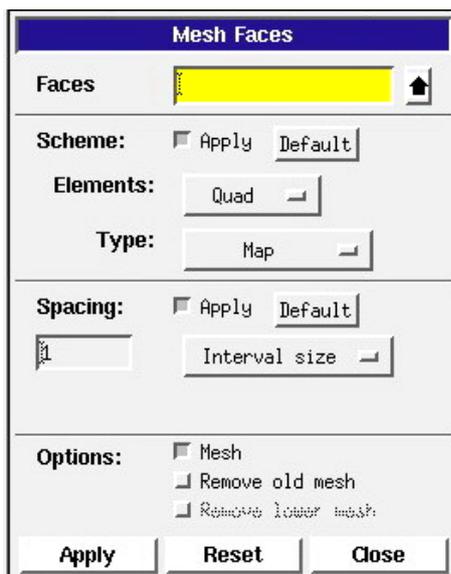
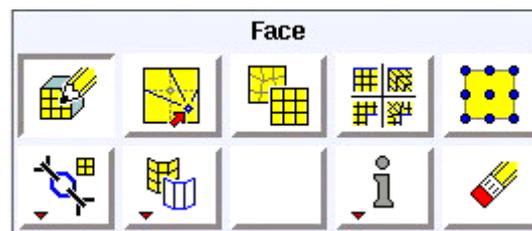


Рис. 9



Первая кнопка этой группы  - создает сетку для одной или нескольких граней в модели. Здесь (рис. 9) в поле *Грани (Faces)* нужно выбрать грани. Далее необходимо выбрать схему создания сетки. Здесь участвуют два параметра: *Элементы*

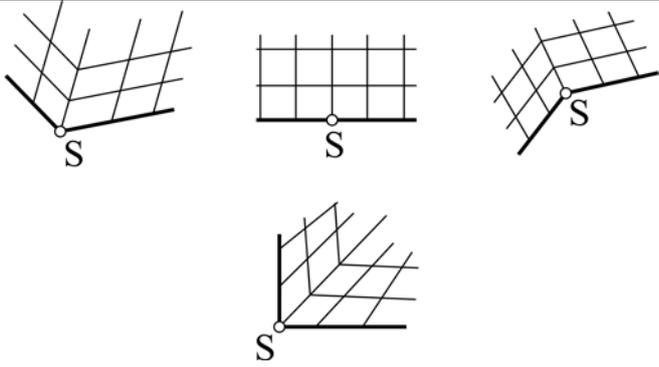
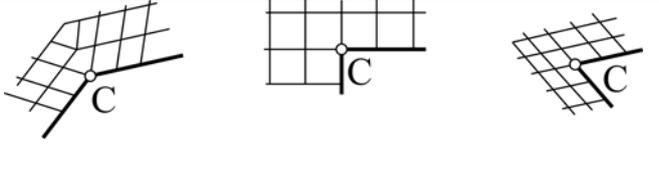
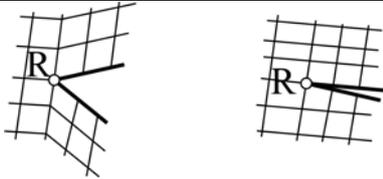
(*Elements*) и *Tun (Type)*.

Элементы – это тип элементов которые будут использоваться при создании сетки для выбранной грани. Имеется возможность создавать сетку из **Четырехугольных (*Quad*)**, **Треугольных (*Tri*)** и **Комбинированная схема (*Quad/Tri*)** при которой в основном сетка будет из четырехугольников, но по мере необходимости будут включены и треугольные элементы.

Tun – тип схемы создания сетки. В зависимости от того, какие элементы используются для построения сетки могут быть следующие типы: для ***Quad: Map*** – создается регулярная, структурированная сетка; ***Submap*** – вся область предварительно разбивается на подобласти, в каждой из которых затем уже создается сетка; ***Tri-Primitive*** – трехсторонняя грань делится на три четырехсторонних региона, и для каждого создается сетка; ***Pave*** – создается неструктурированная сетка. Для элементов типа ***Tri*** может использовать только схема ***Pave***. С элементами типа ***Quad/Tri - Map, Pave*** и ***Wedge Primitive***.

При создании геометрии (грани) Gambit автоматически определяет типы узлов входящих в грань, которые влияют на создание сетки, при этом могут быть узлы следующих типов:

Тип узла	Описание	Пример
<i>Конечный (End)</i>	В узел не входит ни одной сеточной линии	

Тип узла	Описание	Пример
Боковой (Side)	В узел входит одна сеточная линия	
Угловой (Corner)	В узел входят две сеточные линии	
Обратный (Reverse)	В узел входят три сеточные линии	

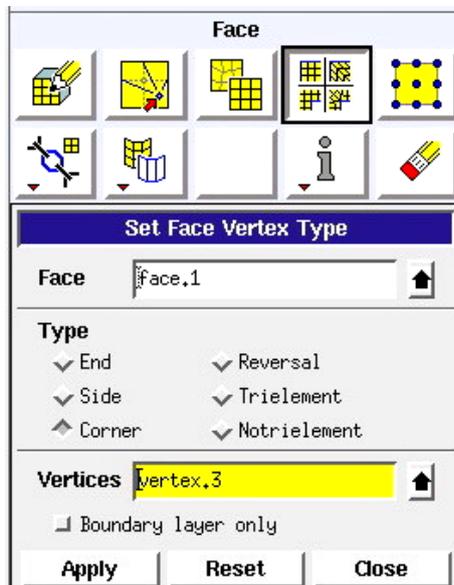


Рис. 10

При помощи кнопки *Установка типа узла грани (Set Face Vertex Type)* можно переопределить автоматически присвоенные типы узлов. В диалоговом окне (рис. 10) в поле *Грань (Face)* устанавливается требуемая грань, а в поле *Узлы (Vertices)* выбираются требуемые узлы (при этом на экране возле выбранного узла отображается его текущий тип). Переключатель *Тип (Type)* приводится в требуемое положение и нажимается кнопка *Применить (Apply)*.

Далее в случае создания трехмерной расчетной модели следует создание сетки в смоделированных объемах.

Установка типов зон (установка границ)

После построения сетки необходимо определить все созданные в модели зоны. Зоны могут быть двух типов: граница и область. Зоны типа граница описывают характеристики внутренних или внешних границ области (например стенка, приток, сток и т.д.), а зона типа область описывает характеристики модели внутри областей (например жидкость или твердое тело).

Для установки типов зон в панели операций имеется кнопка *Зоны (Zones)*



, после нажатия на которую открывается следующая группа кнопок:

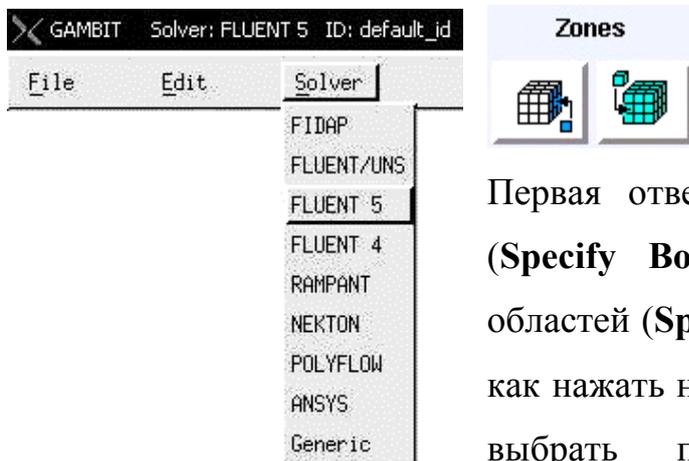


Рис. 11

Первая отвечает за установку типов границ (**Specify Boundary Types**), вторая за типы областей (**Specify Continuum Types**). Перед тем как нажать на одну из этих кнопок, необходимо выбрать программу, в которой далее предполагается решать задачу («Процессор» или «Солвер»). Это производится путем выбора

соответствующей строчки в выпадающем меню, в нашем случае это: Solver->FLUENT 5 (рис. 11).

После этого при нажатии на кнопку установки типов границ появляется диалоговое окно (рис. 12).

В части диалога *Объект (Entity)* путем выбора из выпадающего списка устанавливается вид объекта границы: *Ребро (Edge)* – обычно для двухмерной модели, *Грань (Face)* – обычно для трехмерной модели. Также есть возможность установить в качестве типа – *Группу объектов (Groups)*.

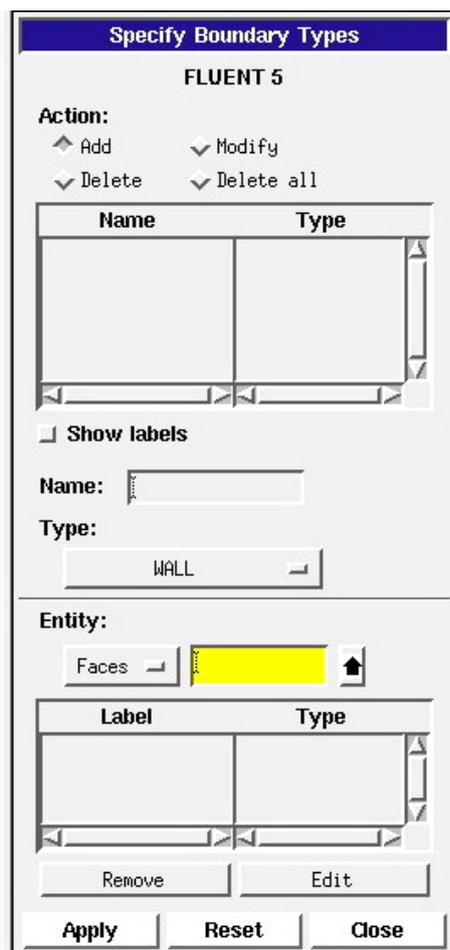


Рис. 12

После этого путем нажатия левой кнопки мыши (с зажатой на клавиатуре клавишей Shift) нужно выбрать в основном окне объект (ребро или грань) или несколько объектов образующих границу. Метки и типы этих границ будут отображены в списке внизу диалога. Далее в поле **Имя (Name)** нужно ввести название границы – условное имя (латинскими буквами) которое в дальнейшем будет отображаться при решении задачи в «Процессоре» (Fluent) и нажать на кнопку **Применить (Apply)**.

В случае если нужно удалить или редактировать уже созданную границу, необходимо в части диалога **Действие (Action)** переключатель перевести в положение **Удалить (Delete)** или **Изменить (Modify)** соответственно, и нажать **Применить (Apply)**.

После того, как все границы обозначены необходимо сохранить проделанную работу: File-> Save As... А также экспортировать созданную сетку для передачи ее в солвер (Fluent): File->Export->Mesh... Если все сделано верно, то в директории c:\Fluent.Inc\ntbin\ntx86\ появятся пять новых файлов со следующими расширениями:

db5 – основной файл содержащий смоделированную геометрию и сетку;

jou – файл содержащий в текстовом виде список команд выполненных во время создания геометрии;

lok – системный файл блокирующий доступ к файлам текущей (открытой) сессии;

msh – файл с геометрией и сеткой экспортированной в формат Fluent;

trn – файл содержащий сообщения выводимые в ходе работы Gambit в окне *Transcript*.

1.3. Примеры

В зависимости от сложности геометрии имеются некоторые особенности построения. Рассмотрим два примера построения двумерных сеток – область с равномерной сеткой и область с сеткой заранее измельченной в одной из частей общей области.

Пример 1.

Примером первой геометрии может служить пустое помещение с каверной (рис. 13). Здесь далее будет моделироваться нагреватель. Размеры исследуемой каверны соизмеримы с размером области, поэтому правильным будет создать в области максимально грубую (крупную) сетку, с тем чтобы затем ее можно было адаптировать (измельчать) в процессоре. Такой подход позволяет экономить вычислительные ресурсы, поскольку адаптация в процессоре Fluent может проводиться более гибко – только в интересующих частях, а не во всей области. Итак необходимо создать в области максимально крупную сетку – ячейки сетки размером с минимальную границу ($KG=0,5\text{м}$). Размеры внешней области разумно задавать кратно самому мелкому объекту, поскольку полученная, в этом случае, расчетная сетка будет прямоугольной.

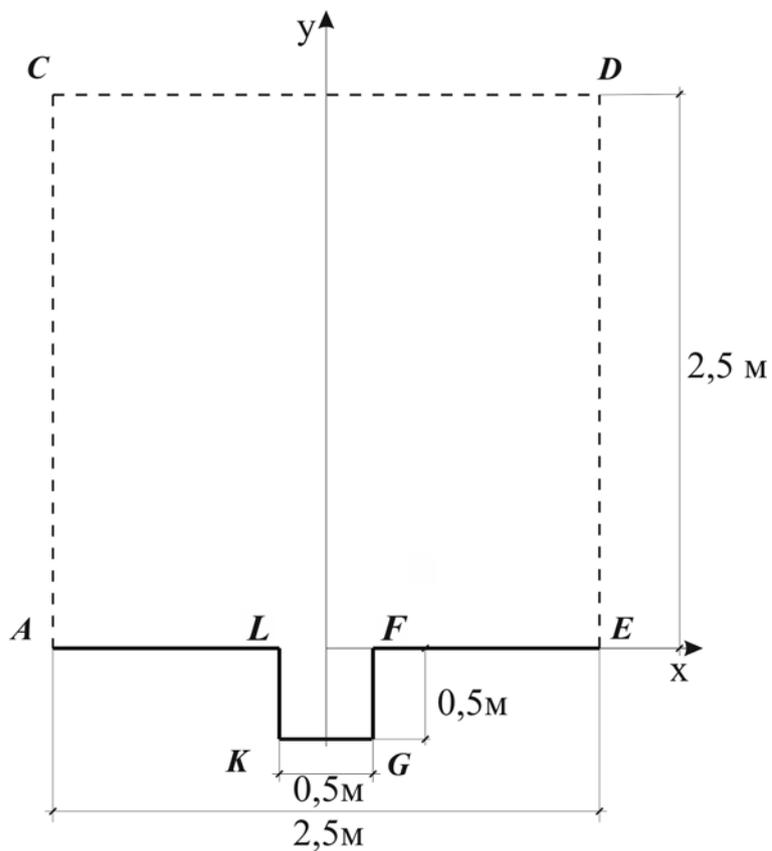


Рис. 13

1 этап. Узлы

Создаем при помощи команды *Создать узел* из *Панели Операций (Operation)*, группа кнопок – *Геометрия (Geometry)* узлы во всех

углах исследуемого помещения. Координаты узлов в таблице:

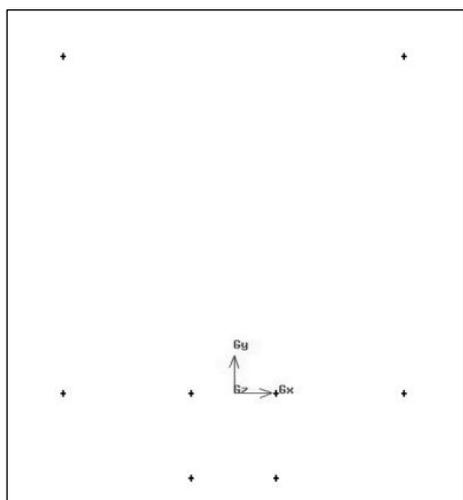


Рис. 14

Узел	X	Y
<i>A</i>	-1.25	0
<i>C</i>	-1.25	2.5
<i>D</i>	1.25	2.5
<i>E</i>	1.25	0
<i>F</i>	0.25	0
<i>G</i>	0.25	-0.5
<i>K</i>	-0.25	-0.5
<i>L</i>	-0.25	0

Для того, чтобы все построенные узлы были хорошо (полностью) видны в



основном окне можно нажать кнопку *Уместить на экране (Fit to Window)*. Должна получиться картина показанная на рис. 14.

2 этап. Ребра

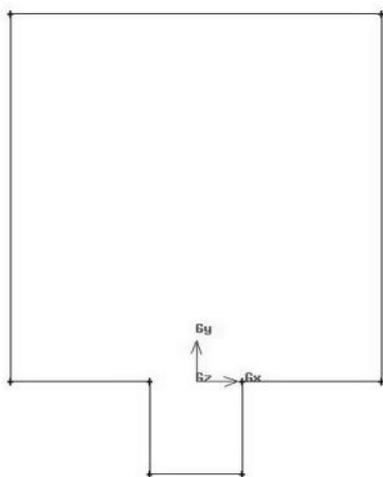
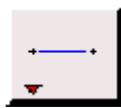


Рис. 15

Объединяем созданные узлы в ребра. Выбираем команду *Создание прямого ребра (Create*

Straight Edge)



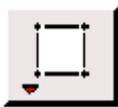
, и в появившемся диалоге нажав в желтое поле выпадающего списка *Узлы (Vertices)*, далее левой кнопкой мыши с одновременно нажатой на клавиатуре клавишей Shift выбираем в основном окне программы все узлы последовательно друг за другом за исключением последнего, далее

нажимаем кнопку *Применить (Apply)*. После чего соединяем ребром последние два узла – см. рис. 15 (все узлы соединены желтыми ребрами).

3 этап. Грани

Создадим грань при помощи команды *Создание грани из каркаса (Create*

Face From Wireframe)



. Аналогично предыдущему шагу нужно выделить в основном окне все ребра. В данном случае порядок не имеет значения, можно выделять не отдельными ребрами, а выбрать их все сразу «рамкой» - т.е. нажав левую кнопку мыши (и Shift на клавиатуре) в одном месте и не отпуская кнопку перетащить указатель мыши по диагонали, создавая прямоугольную «рамку» выделения, таким образом, чтобы она коснулась всех ребер. Также можно выделить все ребра и отдельно, нажимая

на каждое ребро левой кнопкой мыши (с одновременно зажатой на клавиатуре кнопкой Shift). После выделения нужно завершить операцию создания грани, нажав кнопку **Применить (Apply)**. Если грань успешно создана, об этом появится запись в командной строке (**Transcript**), а сама грань будет отображена в основном окне голубым цветом.

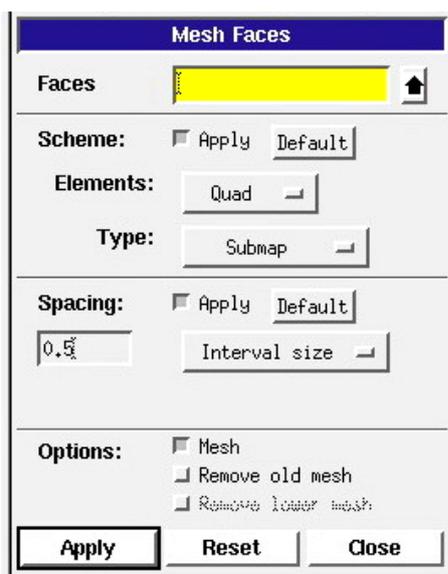


Рис. 16

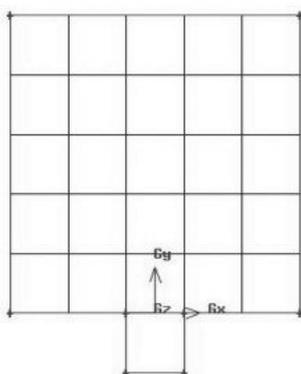


Рис. 17

4 этап. Построение сетки.

Действия на этом этапе зависят от сложности построенной геометрии. В нашем случае геометрия довольно простая, поэтому можно сразу приступить к созданию сетки на грани. В других случаях может потребоваться предварительное создание расчетных узлов на ребрах геометрии.

Для создания расчетной сетки на грани нужно в панели **Операции (Operation)**, нажав кнопку **Сетка (Mesh)**, далее в панели **Сетка (Mesh)** кнопку **Грань (Face)**, и в открывшемся диалоге - **Сетка на грани (Mesh Faces)** - рис. 16.

В поле **Грани (Faces)** нужно выбрать созданную грань. После чего в части диалога **Разбивка (Spacing)** из выпадающего списка выбрать разбивку по размеру интервала (**Interval Size**), а в текстовом поле указать

размер интервала: 0.5, и нажать **Применить (Apply)**. Все остальные опции можно оставить такими какие установлены по умолчанию. В результате должна получиться сетка как на рис. 17.

5 этап. Установка границ.

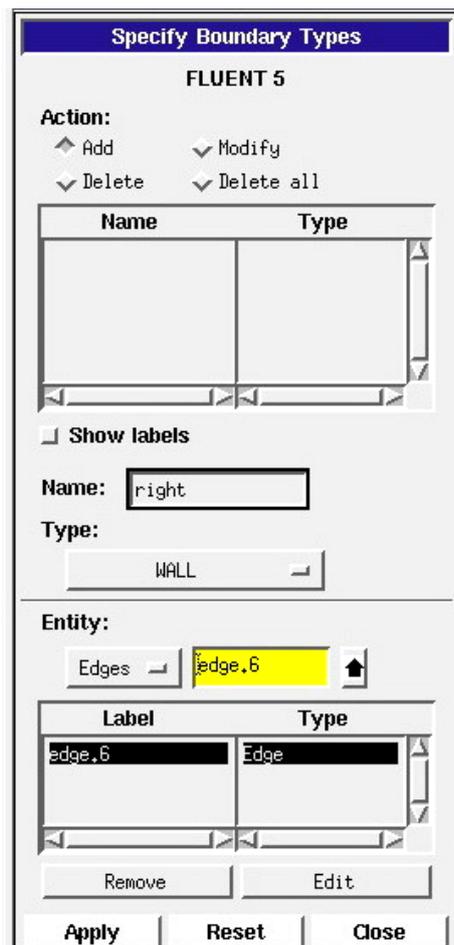


Рис. 18

В меню выбираем тип солвера: Solver->FLUENT 5. Далее в панели **Операции (Operation)** кнопка **Зоны (Zones)**, и далее **Установка типов границ (Specify Boundary Types)**. В открывшемся диалоге необходимо в выпадающем списке **Объект (Entity)** поменять предложенное по умолчанию **Грани (Faces)** на **Ребра (Edges)**. После этого выбрав границу в поле **Имя (Name)** дать название: например для правой границы: right, и нажать **Применить (Apply)**. Таким образом нужно последовательно обозначить все границы построенной области. На данном этапе **Тип (Type)** всех границ можно оставить **Стенка (Wall)** – тип границ более тонко можно будет настроить непосредственно в солвере.

В нашем случае границы названы следующим образом (Рис. 1): **AC** – «left»; **CD** – «top»; **DE** – «right»; **EF + LA** – «floor»; **FGKL** – «heat».

Далее нужно сохранить и экспортировать геометрию как указано в разделе установка типов зон (установка границ).

Пример 2.

В некоторых случаях уже на этапе построения сетки необходимо сгустить сетку в некоторых частях расчетной области. Это необходимо когда объект исследований достаточно мал по сравнению со всей расчетной областью.

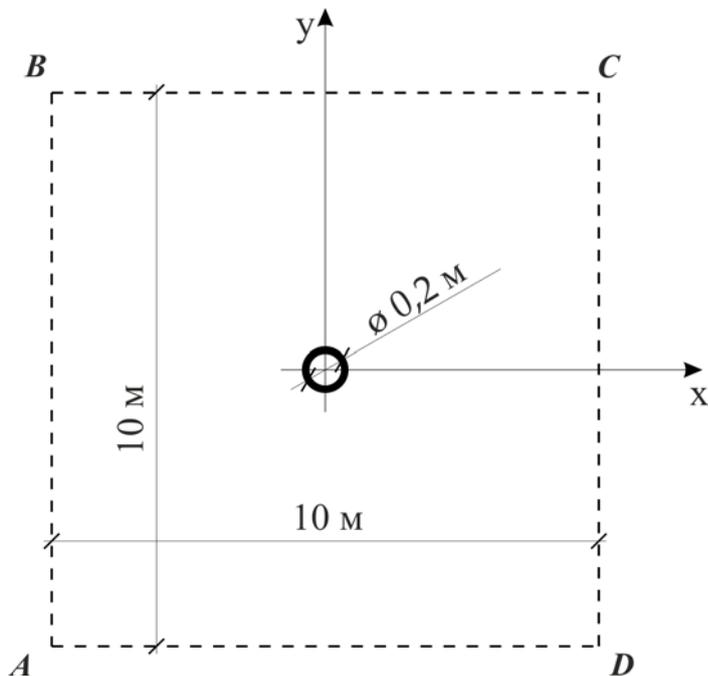


Рис. 19

Для примера рассмотрим построение расчетной сетки для изучения конвекции над горизонтальным цилиндром. Для того, чтобы границы области не вносили искажений на конвективное течение, они должны быть достаточно удалены от объекта (рис. 19). На рисунке цилиндр показан увеличено (схематично).

Создать расчетную сетку в такой области можно обычным

способом, который описан выше, но в этом случае минимальный размер ячейки сетки нужно выбирать из условия правильного моделирования окружности цилиндра. На окружности не должно находиться менее 8 узлов. Исходя из этого размер ячейки не должен быть больше $\pi \cdot d / 8 \approx 0,079$. Если задать размер ячейки 0,1, то на окружности будет только 6 ячеек (рис. 20 а). Но и в этом случае количество ячеек будет большим (около 10000). Если же установить размер ячейки 0,07, то на окружности будет 9 узлов (рис. 20 б), а общее количество ячеек уже более 20 000.

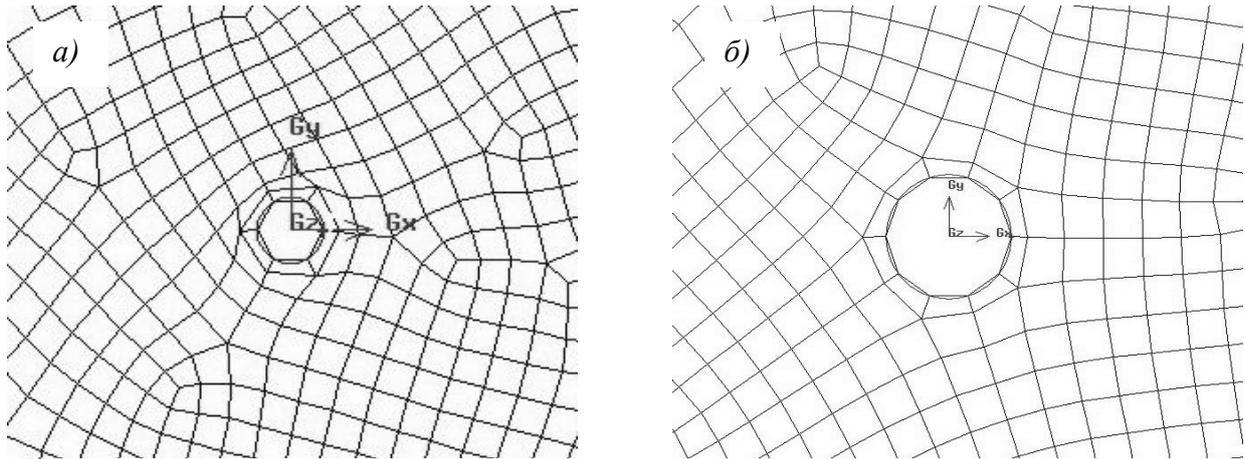


Рис. 20

Имея в виду дальнейшую адаптацию (измельчение) расчетной сетки при проведении расчета, такое количество ячеек приведет к существенному увеличению времени расчета. Кроме того, как видно из рисунков – сетка вблизи цилиндра нерегулярная, что может также привести как к увеличению времени расчета, так и к уменьшению его качества (сходимость, адекватность полученного результата). Для того, чтобы избежать этого,

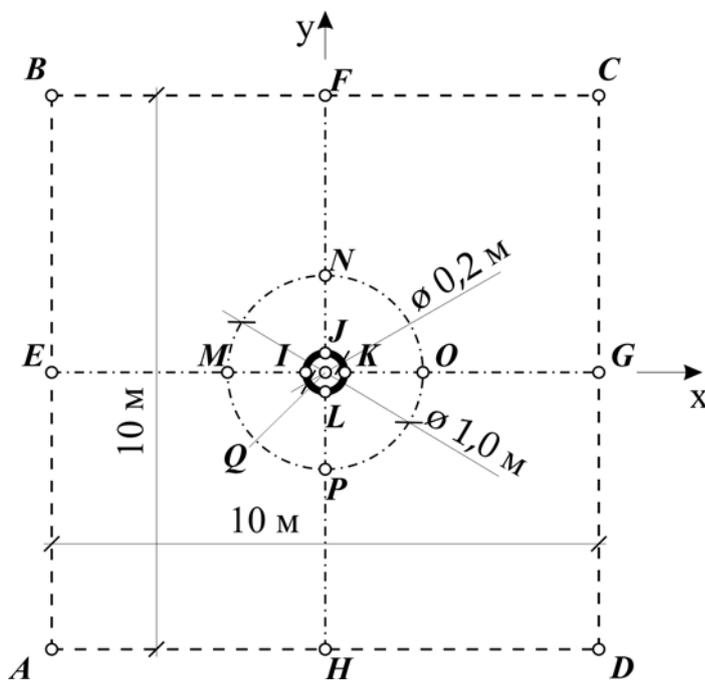


Рис. 21

необходимо строить расчетные сетки с различной степенью измельчения – гибридные сетки.

В данном примере можно вокруг исследуемой окружности построить дополнительную окружность большего диаметра, создать структурированную (регулярную) криволинейную сетку в кольцевой области между двумя окружностями, а оставшуюся часть области

(между внешней окружностью и границами расчетной области) разбить ячейками большего размера.

1 этап. Построение узлов.

Для построения заданной геометрии, кроме основных, необходимо построить и вспомогательные узлы (рис. 21). Координаты узлов в таблице:

Узел	X	Y	Узел	X	Y
<i>A</i>	-5	-5	<i>J</i>	0	0,1
<i>B</i>	-5	5	<i>K</i>	0,1	0
<i>C</i>	5	5	<i>L</i>	0	-0,1
<i>D</i>	5	-5	<i>M</i>	-0,5	0
<i>E</i>	-5	0	<i>N</i>	0	0,5
<i>F</i>	0	5	<i>O</i>	0,5	0
<i>G</i>	5	0	<i>P</i>	0	-0,5
<i>H</i>	0	-5	<i>Q</i>	0	0
<i>I</i>	-0,1	0			

2 этап. Построение ребер.

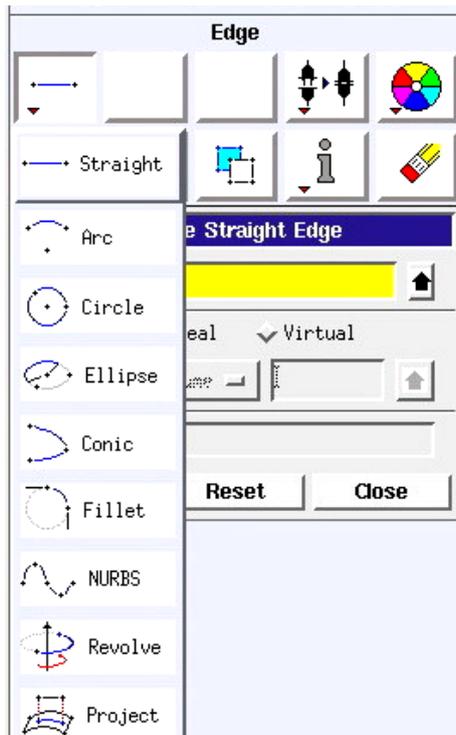


Рис. 22

На этом этапе необходимо соединить построенные узлы в ребра. Узлы *AEBFCGDHA* соединяются прямыми ребрами, кроме того проводятся вспомогательные прямые ребра между узлами: *HPL*, *EMI*, *FNJ*, *GOK*. Узлы *MN*, *NO*, *OP*, *PM*, *IJ*, *JK*, *KL*, *LI* нужно соединить дугами. Для этого правой кнопкой мыши выбирается создание *дугового ребра (Arc Edge)* рис. 22. В появившемся диалоговом окне (рис. 24) нужно задать центральную точку – при активном поле *Центр (Center)* левой кнопкой мыши с нажатой клавишей Shift на клавиатуре нужно выбрать точку *Q*. Затем активировав поле *Конечные точки (End-*

Points) выбрать последовательно две точки дуги (например *M* и *N*) и нажать *Применить (Apply)*. В результате должно получиться дуговое ребро как на рис. 23.

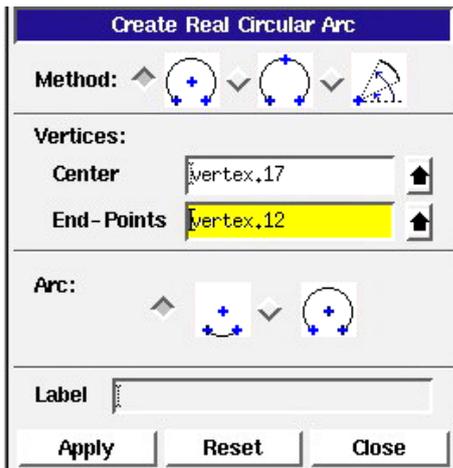


Рис. 24

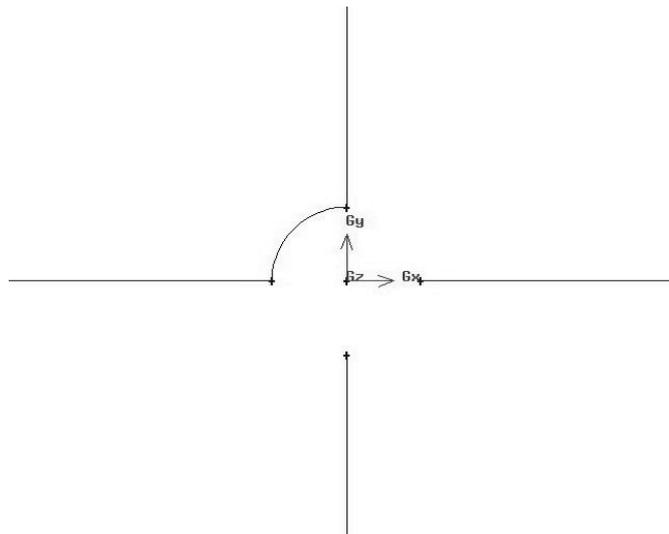


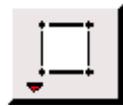
Рис. 23

Аналогично нужно построить все остальные дуги.

3 этап. Построение граней.

Далее построенные ребра нужно объединить в грани при помощи

команды *Создание грани из каркаса (Create Face From Wireframe)*



Грани создаются последовательно из следующих ребер (рис. 21):

Грань	Ребра
1.	<i>MP+PH+HA+AE+EM</i>
2.	<i>EM+MN+NF+FB+BE</i>
3.	<i>NF+FC+CG+GO+ON</i>
4.	<i>OG+GD+DH+HP+PO</i>
5.	<i>MP+PL+LI+IM</i>
6.	<i>MI+IJ+JN+NM</i>
7.	<i>NJ+JK+KO+ON</i>
8.	<i>OK+KL+LP+PO</i>

Порядок создания граней, как и порядок перечисления ребер при создании грани не важен. В итоге должно получиться четыре грани-сектора составляющих кольцевую область, и четыре грани составляющих оставшуюся область до внешних (прямоугольных) границ.

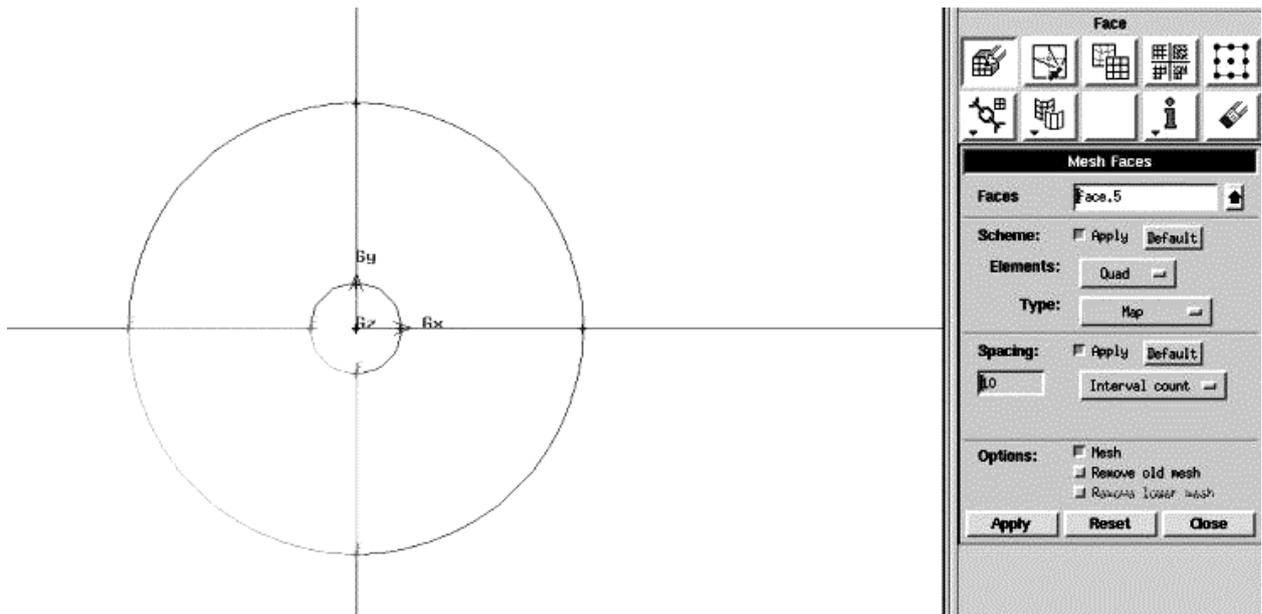


Рис. 25

4 этап. Построение сетки.

Теперь можно приступить к созданию расчетной сетки. Вначале при помощи команды *Сетка на грани (Mesh Faces) (Операции (Operation)-> Сетка*

(Mesh)-> Грань (Face))

нужно создать сетку в секторах кольцевой области.

Для этого в диалоговом окне, выбрав одну из грани-секторов задать способ

разбиения и соответствующее значение, например способ

- *Количество интервалов (Interval Count)*, и значение

(Spacing)=10. Данная настройка означает, что программа создаст расчетную сетку таким образом,

что разобьет ребра выделенной грани на 10 равных интервалов (рис. 25).

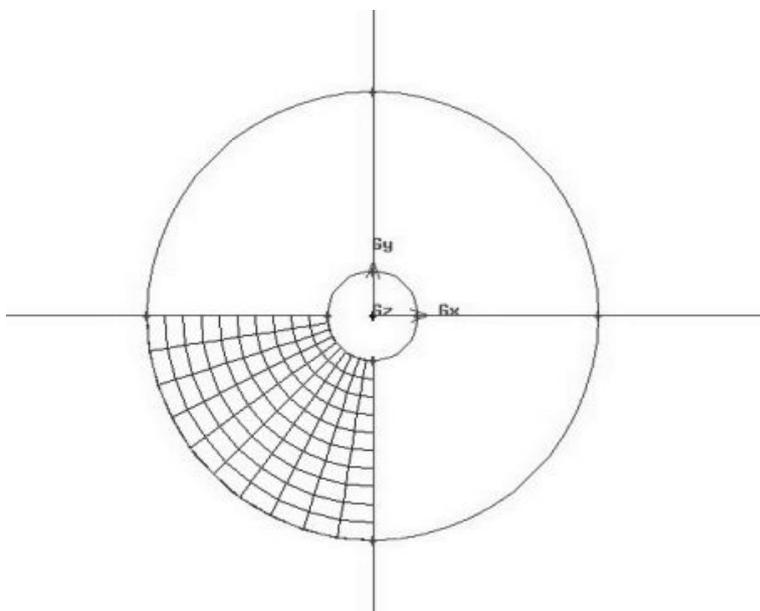


Рис. 26

настройка означает, что программа создаст расчетную сетку таким образом, что разобьет ребра выделенной грани на 10 равных интервалов (рис. 25).

Кроме этого нужно выбрать четырехугольные (*Quad*) элементы сетки (поле *Elements*), а тип схемы (*Type*) – *Map* (структурированная сетка). В результате должна получиться сетка, показанная на рис. 26.

Аналогичным образом нужно создать сетку в оставшихся гранях-секторах кольцевой области (в некоторых случаях можно сразу выделить несколько требуемых граней и создать сетку одновременно во всех).

В остальной области можно создать неструктурированную сетку с БОльшим размером ячейки. Для этого нужно выделить все четыре грани внешней области, в диалоговом окне создания сетки в качестве элементов сетки выбрать четырехугольники (*Quad*), тип создания сетки – неструктурированный (*Pave*). В разделе размеры – *Spacing* = 10 и способ разбиения – *Количество интервалов (Interval Count)*. В результате получится расчетная сетка, как на рис. 27.

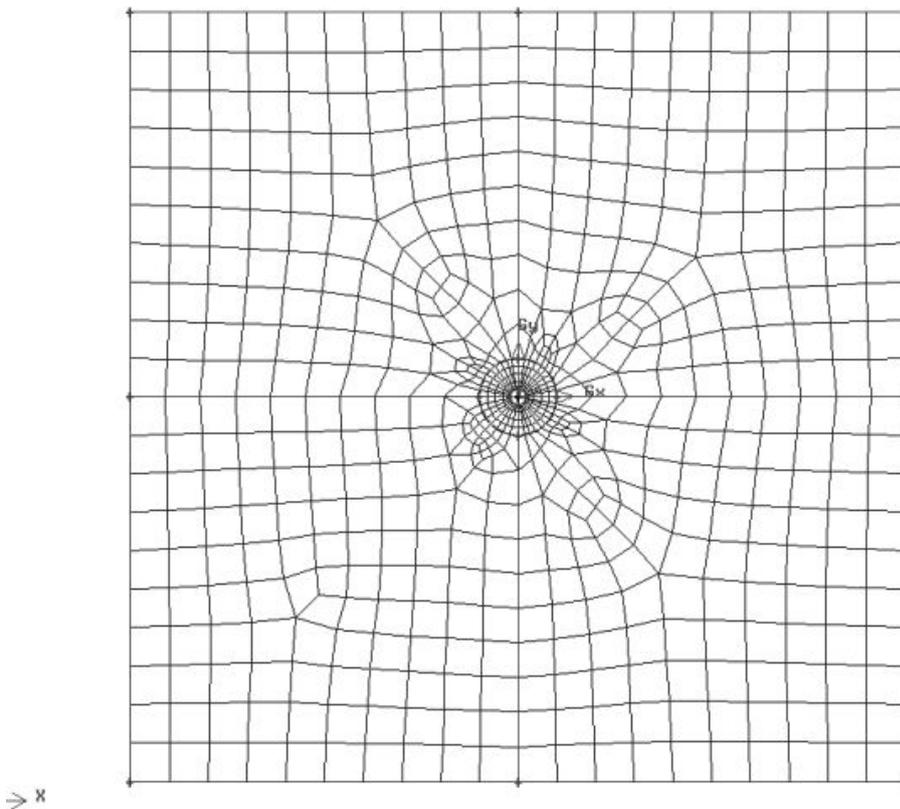


Рис. 27

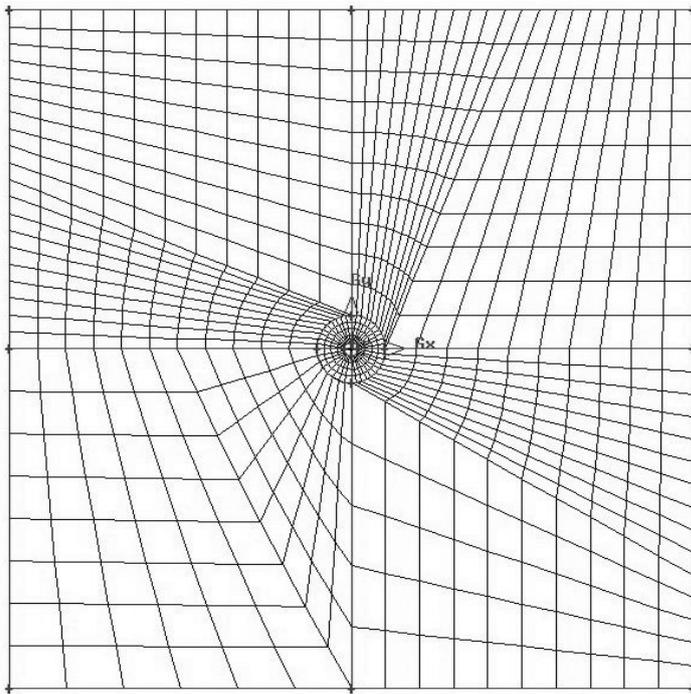


Рис. 28

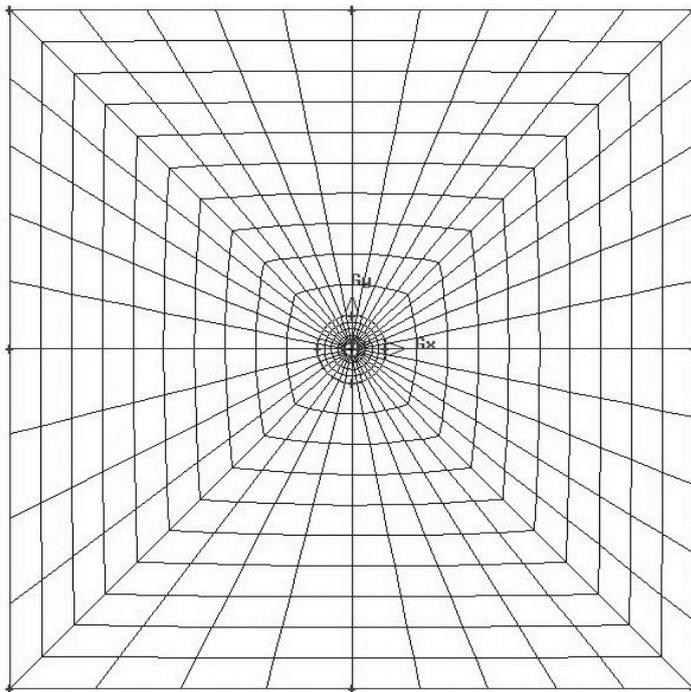


Рис. 29

В некоторых случаях может потребоваться создание структурированной сетки и в остальной области. Однако если при создании сетки просто поменять тип создания сетки (*Type*) с неструктурированной (*Pave*) на структурированную (*Map* или *SubMap*) в итоге получится не корректная сетка (рис. 28). Здесь видно что, область разбита на четырехугольные ячейки существенно разного размера, кроме того они расположены не упорядоченно. Все это может приводить как к замедлению схождения итерационного процесса, так и к получению неадекватного решения. Такая сетка получилась потому, что по умолчанию угловым узлам внешней

границы (*A*, *B*, *C* и *D*) был присвоен тип *Конечный (End)*, т.е. из него не выходит ни одной сеточной линии. Ясно, что при такой геометрии для получения равномерной структурированной сетки этим узлам необходимо

назначить тип **Боковой (Side)**. При этом остальные узлы грани должны иметь тип **Конечный (End)**. В результате получится более равномерная расчетная сетка (рис. 29).

5 этап. Установка границ.

Технология установки границ аналогична примеру №1, за исключением того, что границы (ребра) бОльшей окружности, а также вспомогательные прямые ребра описывать не нужно. В этом случае при импорте в Fluent они исчезнут. Пример названия границ (рис. 21):

Ребро	Название
<i>AE+EB</i>	<i>left</i>
<i>BF+FC</i>	<i>top</i>
<i>CG+GD</i>	<i>right</i>
<i>DH+HA</i>	<i>bot</i>
<i>IJ+JK+KL+LI</i>	<i>cil</i>

Далее нужно сохранить сделанную работу и экспортировать сетку.

**Вычислительная гидродинамика. Построение расчетных сеток в
препроцессоре Gambit.**

Методические указания для самостоятельной и научной
работы студентов специальности 270109
и аспирантов специальности 05.23.03

Составитель: Зиганшин А.М.

Редактор: _____

Редакционно-издательский отдел

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано к печати

Формат 60x84/16

Тираж _____ экз.

Печать ризографическая

Усл.-печ.л. 2,1

Бумага офсетная №1

Заказ № _____

Уч.-изд.л. 2,1

Печатно-множительный отдел КазГАСУ

420043, Казань, Зеленая, 1