



FlowVision НРС

Версия 3.07.00

Руководство пользователя



Оглавление

1 Предисловие	10
2 Условные обозначения	11
3 Введение в вычислительную гидродинамику	12
3.1 Что такое вычислительная гидродинамика.....	12
3.2 Области применения.....	13
3.3 Обзор общих принципов ВГД.....	14
3.3.1 Область расчета	14
3.3.2 Математическая модель	15
3.3.3 Начальные и граничные условия.....	15
3.3.4 Расчетная сетка	15
3.3.5 Анализ результатов.....	16
3.4 Цели и задачи Руководства пользователя	17
4 Руководство пользователя	18
4.1 Общие сведения	18
4.1.1 Системные требования	18
4.1.2 Базовые понятия.....	19
4.1.2.1 Компоненты FlowVision.....	19
4.1.2.1.1 Версии приложений FlowVision.....	20
4.1.2.2 Директории FlowVision.....	20
4.1.2.3 Машины.....	20
4.1.2.4 Сеть.....	20
4.1.3 Установка	20
4.1.3.1 Установка для Windows.....	20
4.1.3.2 Установка для Linux (Unix).....	22
4.1.4 Настройка	24
4.1.4.1 Пути к пользовательским и временным файлам.....	25
4.1.4.2 Параметры конфигурационных файлов	27
4.1.4.2.1 Файл Менеджера лицензий	27
4.1.4.2.2 Файл Солвер Агента.....	28
4.1.4.2.2.1 Командная строка	28
4.1.4.2.2.1 Файл машин MPI	29
4.1.4.2.2.2 Файл пользователя MPI.....	29
4.1.4.2.3 Файл Солвера.....	30
4.1.4.2.4 Файл Терминала	31
4.1.4.2.5 Файл ПреПостпроцессора	31
4.1.4.2.6 Файл Модуля просмотра результатов	31
4.1.4.2.7 Файл MP Менеджера	31

4.1.4.2.8	Файл MPM Агента.....	31
4.1.4.3	Конфигуратор	31
4.1.4.3.1	Общее.....	32
4.1.4.3.2	Конфигурация / Протоколы	32
4.1.4.3.3	Администрирование	32
4.1.4.3.4	Техподдержка.....	33
4.1.4.4	Ошибки, возникающие при настройке	33
4.1.5	Лицензирование	34
4.1.5.1	Информация о лицензии	35
4.1.5.2	Лицензирование в Пре-Постпроцессоре	36
4.1.5.2.1	Получение регистрационной информации.....	36
4.1.5.2.2	Регистрация новой лицензии	36
4.1.5.2.3	Получение информации о лицензиях.....	36
4.1.5.2.4	Ошибки при запросе лицензии.....	37
4.1.5.3	Лицензирование в Терминале	37
4.1.5.3.1	Получение регистрационной информации.....	38
4.1.5.3.2	Регистрация новой лицензии	38
4.1.5.3.3	Получение информации о лицензиях.....	38
4.1.5.4	Лицензирование посредством утилиты FvLicenseUtil.....	39
4.1.5.4.1	Получение регистрационной информации.....	39
4.1.5.4.2	Регистрация новой лицензии	39
4.1.5.4.3	Получение информации о лицензиях.....	39
4.1.5.5	Ошибки при работе с лицензиями.....	40
4.1.6	Регистрация нового пользователя	40
4.1.6.1	Авторизация пользователя.....	40
4.1.6.2	Регистрация нового пользователя	41
4.1.7	Типовые конфигурации.....	41
4.1.7.1	Проведение расчетов на пользовательской машине	41
4.1.7.2	Наличие связи по сети между пользовательской и расчетной машиной	43
4.1.7.3	Отсутствие связи по сети между пользовательской и расчетной машиной	45
4.1.7.4	Наличие связи между пользовательской машиной и кластером.....	47
4.1.7.5	Отсутствие связи между пользовательской машиной и кластером.....	48
4.1.7.6	Отсутствие связи между пользовательской машиной и кластером, отсутствие графического интерфейса на кластере	49
4.2	Быстрый старт	50
4.2.1	Загрузка геометрии	50
4.2.2	Задание параметров задачи.....	51
4.2.2.1	Задание физических моделей	52
4.2.2.1.1	Задание Веществ	52
4.2.2.1.2	Задание Фаз.....	52
4.2.2.1.3	Задание Модели	52
4.2.2.2	Задание граничных условий	53
4.2.2.3	Задание начальных условий	54
4.2.2.4	Задание расчетной сетки	55
4.2.2.4.1	Задание Начальной сетки.....	55
4.2.2.4.2	Задание Адаптации.....	56

4.2.3 Задание параметров расчета	56
4.2.3.1 Задание шага по времени.....	56
4.2.3.2 Задание параметров сохранения.....	57
4.2.3.3 Задание условий останова.....	57
4.2.4 Запуск на расчет	58
4.2.5 Отображение результатов	58
4.2.5.1 Создание характеристик.....	59
4.2.5.2 Создание слоев.....	59
4.2.5.3 Создание анимации.....	61
4.3 Файлы проекта FlowVision	62
4.4 ПреПостпроцессор	64
4.4.1 Команды меню	64
4.4.1.1 Меню Файл.....	64
4.4.1.1.1 Лицензии.....	66
4.4.1.1.2 Настройки.....	66
4.4.1.1.3 Диалог выборочного удаления записей.....	67
4.4.1.2 Меню Вид.....	69
4.4.1.3 Меню Справка.....	69
4.4.2 Панели инструментов	69
4.4.2.1 Стандарт.....	69
4.4.2.2 Виды.....	70
4.4.2.3 Тела.....	70
4.4.2.4 Режимы.....	71
4.4.2.5 Солвер.....	71
4.4.2.6 Картинки.....	71
4.4.2.6.1 Захват изображения.....	72
4.4.2.7 Сеть.....	72
4.4.2.8 Навигация.....	72
4.4.3 Графическое окно	73
4.4.3.1 Выбор элементов геометрии.....	73
4.4.3.2 Увеличение/уменьшение элемента сцены.....	73
4.4.3.3 Настройка угла зрения и расположения сцены.....	74
4.4.3.4 Настройка параметров объекта.....	74
4.4.4 Контекстное меню	74
4.4.5 Окно Свойства элемента дерева	75
4.4.5.1 Гармонический закон.....	76
4.4.5.2 Редактор формул.....	76
4.4.6 Окно выбора	80
4.4.7 Окно Проект	80
4.4.7.1 Препроцессор.....	80
4.4.7.1.1 Общие установки.....	82
4.4.7.1.2 Вещества.....	83
4.4.7.1.2.1 Физические свойства Вещества.....	83

4.4.7.1.2.1 Твердое тело.....	83
4.4.7.1.2.2 Жидкость.....	83
4.4.7.1.2.3 Газ.....	84
4.4.7.1.2.2 Загрузка вещества из Базы данных веществ.....	84
4.4.7.1.3 Фазы.....	84
4.4.7.1.3.1 Вещества.....	85
4.4.7.1.3.2 Физические процессы.....	85
4.4.7.1.3.1 Движение.....	85
4.4.7.1.3.2 Теплоперенос.....	86
4.4.7.1.3.3 Турбулентность.....	86
4.4.7.1.4 Модели.....	86
4.4.7.1.4.1 Фазы.....	86
4.4.7.1.4.2 Взаимодействие фаз.....	87
4.4.7.1.4.3 Начальные значения.....	87
4.4.7.1.4.4 Стандартная модель зазора.....	87
4.4.7.1.5 Локальные системы координат.....	88
4.4.7.1.5.1 Вращение.....	88
4.4.7.1.6 Объекты.....	89
4.4.7.1.7 Характеристики.....	89
4.4.7.1.8 Пользовательские переменные.....	89
4.4.7.1.9 Подобласти.....	89
4.4.7.1.9.1 Граничные условия.....	90
4.4.7.1.9.1 Переменные.....	91
4.4.7.1.9.2 Геометрия.....	91
4.4.7.1.9.3 Модификаторы.....	91
4.4.7.1.9.1 Подвижные тела.....	92
4.4.7.1.9.4 Критерии адаптации.....	94
4.4.7.1.9.1 Адаптация.....	95
4.4.7.1.9.2 Адаптация к решению.....	95
4.4.7.1.9.5 Начальные условия.....	96
4.4.7.1.10 Граничные связи.....	97
4.4.7.1.10.1 Условия связи.....	97
4.4.7.1.10.1 Переменные.....	98
4.4.7.1.10.2 Связки.....	98
4.4.7.1.10.2 Связки.....	98
4.4.7.1.10.3 Несвязанные ГУ.....	98
4.4.7.1.11 Начальная сетка.....	99
4.4.7.1.11.1 Редактор начальной сетки.....	99
4.4.7.1.11.2 Альтернативный редактор начальной сетки.....	101
4.4.7.2 Солвер.....	103
4.4.7.2.1 Шаг по времени.....	103
4.4.7.2.2 Доп. настройки.....	103
4.4.7.2.3 Автосохранение данных.....	105
4.4.7.2.4 Автосохранений слоев.....	105
4.4.7.2.5 Условия останова.....	105
4.4.7.2.5.1 Отрезок времени.....	106
4.4.7.2.5.2 Итерации.....	106
4.4.7.2.5.3 Невязки.....	106
4.4.7.2.5.4 Пользовательские величины.....	106
4.4.7.3 Постпроцессор.....	107
4.4.7.3.1 Физические переменные.....	107
4.4.7.3.1.1 Общие переменные.....	107

4.4.7.3.1.2 Переменные Фазы.....	107
4.4.7.3.2 Объекты.....	107
4.4.7.3.2.1 Общие компоненты окна свойств объектов.....	108
4.4.7.3.2.1 Интерактивное редактирование свойств.....	109
4.4.7.3.2.2 Контекстное меню объектов.....	109
4.4.7.3.2.3 Пространство.....	109
4.4.7.3.2.4 Линия.....	109
4.4.7.3.2.5 Плоскость.....	110
4.4.7.3.2.1 Задание плоскости по трем точкам.....	111
4.4.7.3.2.6 Параллелепипед.....	112
4.4.7.3.2.7 Конус/цилиндр.....	112
4.4.7.3.2.8 Эллипсоид/сфера.....	113
4.4.7.3.2.9 Импортированный объект.....	114
4.4.7.3.2.10 Супергруппа.....	115
4.4.7.3.2.11 Движение.....	115
4.4.7.3.3 Пользовательские переменные.....	115
4.4.7.3.4 Характеристики.....	116
4.4.7.3.4.1 Компоненты окна Свойства.....	117
4.4.7.3.4.2 Компоненты окна Инфо.....	117
4.4.7.3.4.3 Компоненты текстового файла.....	122
4.4.7.3.5 Слои.....	123
4.4.7.3.5.1 Контекстное меню.....	124
4.4.7.3.5.2 Общие компоненты.....	124
4.4.7.3.5.1 Общие компоненты окон свойств.....	124
4.4.7.3.5.2 Общие параметры окон инфо.....	126
4.4.7.3.5.3 Общие параметры текстовых файлов.....	127
4.4.7.3.5.3 Тела.....	127
4.4.7.3.5.1 Регион.....	128
4.4.7.3.5.1 Подобласть.....	129
4.4.7.3.5.1 Геометрия.....	129
4.4.7.3.5.2 Подвижные тела.....	129
4.4.7.3.5.3 Граничные условия.....	129
4.4.7.3.5.4 Система координат.....	129
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств.....	130
4.4.7.3.5.5 Начальная сетка.....	130
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств.....	130
4.4.7.3.5.6 Расчетная сетка.....	130
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств.....	130
4.4.7.3.5.2 Компоненты окна Инфо.....	132
4.4.7.3.5.3 Компоненты текстового файла.....	132
4.4.7.3.5.7 Сечение расчетной сетки.....	132
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств_2.....	132
4.4.7.3.5.8 Отладочная ячейка.....	133
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств.....	133
4.4.7.3.5.2 Компоненты окна Инфо.....	134
4.4.7.3.5.3 Компоненты текстового файла.....	135
4.4.7.3.5.9 Набор ячеек.....	135
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств.....	135
4.4.7.3.5.2 Компоненты окна Инфо.....	136
4.4.7.3.5.10 Цветовые контуры.....	136
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств.....	136
4.4.7.3.5.2 Компоненты окна Инфо.....	136
4.4.7.3.5.3 Компоненты текстового файла.....	136

4.4.7.3.5.11 Векторы	137
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств	137
4.4.7.3.5.2 Компоненты окна Инфо	138
4.4.7.3.5.3 Компоненты текстового файла	138
4.4.7.3.5.12 График вдоль прямой	138
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств	139
4.4.7.3.5.2 Компоненты окна Инфо	139
4.4.7.3.5.3 Компоненты текстового файла	140
4.4.7.3.5.13 График вдоль кривой	140
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств	141
4.4.7.3.5.2 Компоненты окна Инфо	142
4.4.7.3.5.3 Компоненты текстового файла	142
4.4.7.3.5.14 График вдоль эллипса	143
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств	143
4.4.7.3.5.2 Компоненты окна Инфо	144
4.4.7.3.5.3 Компоненты текстового файла	144
4.4.7.3.5.15 Объем фазы	145
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств	145
4.4.7.3.5.16 Изоповерхность	145
4.4.7.3.5.1 Компоненты окна свойств	145
4.4.7.3.5.2 Компоненты окна Инфо	146
4.4.7.4 Отображение	146
4.4.7.4.1 Освещение	146
4.4.7.4.1.1 Источник	146
4.4.8 Окно Мониторинг	147
4.4.8.1 Статус	148
4.4.8.2 График	148
4.4.9 Окно Протокол	149
4.4.10 Строка состояния	149
4.4.11 Работа с геометрией	149
4.4.11.1 Загрузка геометрии	149
4.4.11.1.1 Загрузка одного файла	151
4.4.11.1.2 Загрузка сборки	151
4.4.11.1.3 Типы элементов, поддерживаемые импортерами	151
4.4.11.1.3.1 элементы Abaqus	152
4.4.11.1.3.2 элементы Ansys	152
4.4.11.1.3.3 элементы Nastran	153
4.4.11.1.4 Ошибки в геометрической модели	153
4.4.11.2 Перегруппировка геометрии	153
4.4.11.3 Трансформация геометрии	155
4.4.11.4 Замена геометрии	155
4.4.11.5 Экспорт геометрии	155
4.4.12 Взаимодействие с Солвером и Солвер-Агентом	155
4.4.12.1 Выбор Солвера	156
4.4.12.1.1 Диалоги синхронизации	157
4.4.12.2 Запуск на расчет	158
4.5 Терминал	159
4.5.1 Проекты	159

4.5.2 Солверы	160
4.5.3 Командные меню	160
4.5.3.1 Меню Пользователи	160
4.5.3.2 Меню Проекты	160
4.5.3.3 Меню Солверы	161
4.5.3.4 Меню Лицензии	161
4.5.4 Взаимодействие с Солвером и Солвер-Агентом	161
4.5.4.1 Ручное управление солверами	161
4.5.4.1.1 Окно Запуск солвера	161
4.5.4.1.2 Окно Запуск на расчет	162
4.5.4.2 Очередь	162
4.5.4.2.1 Окно Добавление проекта в очередь	162
4.5.4.2.2 Окно Очередь проектов	163
4.5.5 Плагины	163
4.6 Модуль просмотра результатов	164
4.6.1 Интерфейс модуля просмотра результатов	164
4.6.1.1 Панели инструментов	164
4.6.1.1.1 Соединение	165
4.6.1.1.2 Тела	165
4.6.1.1.3 Вид	165
4.6.1.1.4 Захват	165
4.6.1.1.5 Рендеринг	165
4.6.1.2 Строка состояния	165
4.6.1.3 Графическое окно	165
4.6.1.3.1 Визуализация	165
4.6.1.3.2 График	166
4.6.1.3.3 Статус	166
4.6.1.4 Окно Слоев и Характеристик	166
4.6.1.5 Окно отсекающих плоскостей	166
4.6.1.6 Окно свойств	166
4.6.1.7 Информационное окно	166
4.6.2 Слои	167
4.6.3 Характеристики	167
4.6.4 Отсекающие плоскости	167
4.6.5 Получение данных с солвера	167
4.6.5.1 Список солверов	167
4.7 Солвер и Солвер-Агент	168
4.7.1 Солвер-Агент	168
4.7.2 Запуск из командной строки (Пакетный режим)	168
4.7.2.1 Командный файл	169
4.7.3 Сообщения об ошибках солвера	170
4.8 Редактор базы данных веществ	171
4.8.1 Меню	171

4.8.2 Редактирование вещества.....	171
4.8.3 Редактирование фазы.....	172
4.8.4 Редактирование свойства.....	172
4.9 MP Менеджер	174
4.9.1 Подготовка к запуску на расчет.....	174
4.9.1.1 Выбор режима работы.....	174
4.9.1.2 Выбор проекта FlowVision	174
4.9.1.3 Настройка общих параметров	174
4.9.1.4 Выбор проекта Abaqus.....	175
4.9.2 Запуск на расчет.....	176
4.10 Конфигуратор	177
5 Теория	178
5.1 Основные обозначения.....	178
5.2 Гидростатика	181
5.3 Вещества	182
5.3.1 Твердое тело	182
5.3.2 Жидкость	182
5.3.3 Газ	182
5.4 Физические процессы.....	184
5.4.1 Типы границ и граничных условий.....	184
5.4.2 Движение	185
5.4.2.1 Параметры	185
5.4.2.2 Уравнения.....	185
5.4.2.3 Граничные условия.....	186
5.4.2.3.1 Стенка.....	186
5.4.2.3.2 Симметрия	186
5.4.2.3.3 Вход/Выход	187
5.4.2.3.4 Свободный выход	188
5.4.2.3.5 Связанное.....	189
5.4.2.3.6 Неотражающее	189
5.4.3 Теплоперенос.....	191
5.4.3.1 Уравнения.....	191
5.4.3.2 Граничные условия.....	191
5.4.3.2.1 Стенка.....	191
5.4.3.2.2 Симметрия	192
5.4.3.2.3 Вход/Выход	192
5.4.3.2.4 Свободный выход	192
5.4.3.2.5 Связанное.....	192
5.4.3.2.6 Неотражающее	192
5.4.4 Турбулентность.....	193
5.4.4.1 Обозначения.....	193
5.4.4.2 Параметры	194

5.4.4.3 Уравнения	195
5.4.4.3.1 Стандартная и Низкорейнольдсовая (AKN) k-ε модели	195
5.4.4.3.2 Нелинейная (квадратичная) k-ε модель	196
5.4.4.3.3 Модель SST (Shear Stress Transport)	197
5.4.4.3.4 Модель SA (Spalart-Allmaras)	198
5.4.4.3.5 Расстояние до ближайшей стенки	199
5.4.4.3.6 Пристенные функции	199
5.4.4.3.6.1 Скорость	199
5.4.4.3.6.2 Тепловой поток	201
5.4.4.3.6.3 Турбулентная энергия	201
5.4.4.3.6.4 Удельная турбулентная диссипация	201
5.4.4.3.6.5 Турбулентная диссипация	202
5.4.4.3.7 Учет шероховатости	202
5.4.4.3.7.1 Скорость	202
5.4.4.3.7.2 Тепловой поток	203
5.4.4.3.7.3 Удельная турбулентная диссипация	203
5.4.4.4 Граничные условия	203
5.4.4.4.1 Стенка	204
5.4.4.4.2 Симметрия	205
5.4.4.4.3 Вход/Выход	205
5.4.4.4.4 Свободный выход	206
5.4.4.4.5 Связанное	206
5.4.4.4.6 Неотражающее	206
5.4.4.5 Начальные условия	206
5.4.4.6 Литература	207
5.4.5 Перенос фазы	207
5.4.5.1 Уравнения	208
5.4.5.2 Граничные условия	208
5.4.5.2.1 Стенка	208
5.4.5.2.2 Симметрия	209
5.4.5.2.3 Вход/Выход	209
5.4.5.2.4 Свободный выход	209
5.4.5.2.5 Связанное	209
5.4.5.2.6 Неотражающее	209
5.4.6 Модель зазора	209
5.4.6.1 Параметры	210
5.4.6.2 Уравнения	211

1 Предисловие

Программный комплекс **FlowVision** предназначен для проведения численного моделирования движения жидкости и газа в различных технических и природных объектах методом конечных объемов.

С помощью **FlowVision** Вы сможете рассчитать трехмерные стационарные и нестационарные течения жидкости и газа, турбулентное течение, сложные движения жидкости с сильной закруткой, теплопереносом, свободными поверхностями, ударными волнами и подвижными телами, имеющими 6 степеней свободы. Используя одновременный расчет с системы конечно-элементного анализа, Вы сможете изучать сильные взаимодействия жидкости и упругих конструкций, решать задачи сопряженного теплообмена. Поверхность расчетной области во **FlowVision** импортируется из систем САПР, динамически адаптивная расчетная сетка генерируется автоматически. С помощью постпроцессора **FlowVision** Вы увидите течение жидкости или газа и сможете быстро и эффективно проанализировать результаты расчетов, получить интегральные данные.

2 Условные обозначения

В документации используются следующие условные обозначения:

жирный шрифт – обозначает элемент интерфейса пользователя, например, пункт меню, элемент дерева или заголовок диалогового окна и т.д.

курсив – используется для обозначения часто встречающихся терминов и определений, а также в примечаниях.

ПРОПИСНОЙ КУРСИВ – обозначает типы файлов.



– является примечанием или советом. В примечаниях и советах содержится информация о рациональных действиях и полезные подсказки.



– является иллюстрирующим примером.

3 Введение в вычислительную гидродинамику

3.1 Что такое вычислительная гидродинамика

Вычислительная гидродинамика (ВГД) – это раздел науки, решающий проблему моделирования тепломассопереноса в различных технических и природных объектах. Основной задачей ВГД является численное решение **нестационарных уравнений Навье-Стокса**, описывающих динамику жидкости. Дополнительно учитываются различные физико-химические эффекты: горение, турбулентность или потоки сквозь пористую среду. Эти уравнения составляют **математическую модель тепломассопереноса**. В прошлом гидродинамика, как и другие физические науки, делилась на теоретическую и экспериментальную. Новый раздел гидродинамики – вычислительная гидродинамика – является хоть и отдельной дисциплиной, но обладает общими чертами обеих этих частей и скорее дополняет, чем заменяет их.

При этом ВГД стоит ближе к экспериментальной, чем к теоретической, гидродинамике. Проведение каждого отдельного расчета очень похоже на проведение физического эксперимента. Здесь исследователь "включает" уравнения, а затем следит за тем, что происходит, именно то же самое делает и экспериментатор.

По сравнению с экспериментальной гидродинамикой ВГД имеет целый ряд преимуществ:

- время предварительной подготовки при проектировании и разработках существенно уменьшается;
- ВГД позволяет моделировать условия течения, не воспроизводимые при экспериментальных испытаниях на моделях;
- ВГД позволяет получить более широкую и подробную информацию;
- стоимостная эффективность экспериментов на основе ВГД по сравнению с испытаниями в аэродинамических трубах непрерывно повышается.

Однако численный эксперимент никогда не сможет заменить ни физический эксперимент, ни теоретический анализ. Одна из очевидных причин этого заключается в том, что уравнения состояния сплошной среды никогда нельзя считать точными, а другая – в том, что экспериментатор-вычислитель не работает с дифференциальными уравнениями движения сплошной среды. При этом не важно, что рассматриваемые дискретизированные уравнения точно переходят в исходные дифференциальные уравнения в предельном случае измельчения сетки, так как таковой предел никогда не достигается. Также численный эксперимент ограничен в том же смысле, что и физический, а именно дает дискретную информацию для некоторой частной комбинации параметров.

3.2 Области применения

ВГД как прикладная наука сформировалась в середине XX века. Основным потребителем ее результатов была аэрокосмическая промышленность. С развитием высокопроизводительных компьютеров, которые стали доступны по цене большому числу пользователей, в 70-х годах началось бурное развитие коммерческих программ вычислительной гидродинамики. В 80-х и начале 90-х годов эти программы устанавливаются на компьютеры класса "рабочие станции". В конце 90-х годов дешевые персональные компьютеры догнали по мощности рабочие станции, а основная операционная система, которая устанавливается на них – **MS Windows** – стала превосходить по уровню пользовательского интерфейса графические оболочки операционных систем рабочих станций. В это время появились программы в области ВГД, предназначенные для персональных компьютеров.

Вычислительная гидродинамика первоначально развивалась для решения задач аэрокосмической промышленности – расчет камер сгорания ракетных двигателей, расчет физико-химических процессов при обтекании головных частей боеголовок и обтекания сверхзвуковых самолетов. В настоящее время область применения ВГД значительно расширена гражданскими приложениями. Приведем ниже краткий список задач, решаемых методами ВГД с использованием коммерческих программ.

- **Автомобильная промышленность:**
 - определение коэффициентов сопротивления корпуса автомобиля набегающему воздушному потоку;
 - вентиляция подкапотного пространства и салона;
 - моделирование горения топлива в камере сгорания;
- **Аэрокосмическая промышленность:**
 - моделирование обтекания самолетов и ракет;
 - вентиляция и пожаробезопасность салонов самолетов;
 - моделирование физико-химических процессов в турбореактивных двигателях и в камерах сгорания ракет;
- **Технологические процессы производства материалов:**
 - моделирование литья металлов и пластмасс в форму;
 - моделирование физико-химических процессов в химических и биологических реакторах;
- **Строительство:**
 - расчет ветровых нагрузок на здания и сооружения;
 - вентиляция и пожаробезопасность зданий;
 - определение сопротивлений воздухопроводов и водо-раздаточных устройств;
- **Энергетика:**
 - расчет горелок для сжигания топлива в котлах ТЭЦ;
 - расчет выбросов оксидов азота котлами ТЭЦ;
 - определение сопротивлений газоходов;
- **Экология и чрезвычайные ситуации:**
 - моделирования распространения загрязнений в водо-воздушных бассейнах;
 - моделирование распространения пожаров в лесах и городах.

3.3 Обзор общих принципов ВГД

Решение задач численного моделирования течения жидкости состоит из следующих основных этапов:

- выбор расчетной области;
- задание математической модели;
- задание начальных и граничных условий;
- задание расчетной сетки;
- собственно проведение расчета;
- просмотр и анализ полученных результатов.

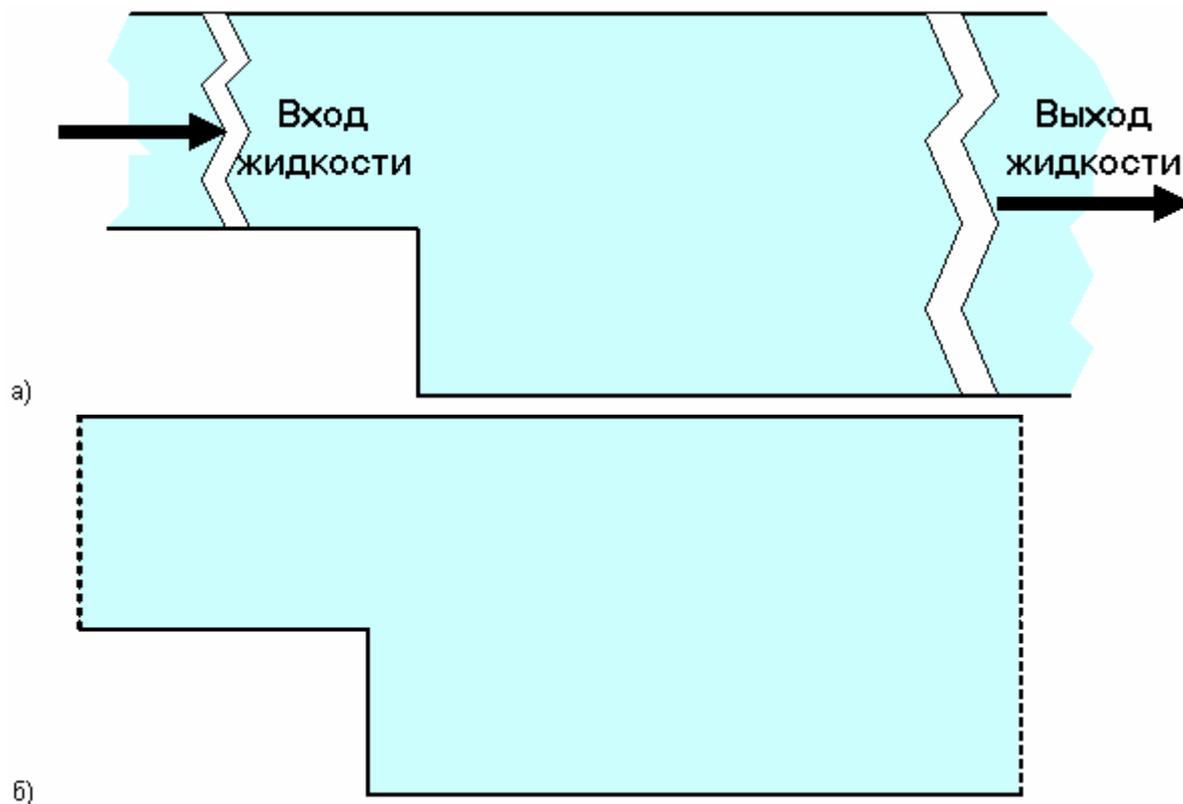
3.3.1 Область расчета

Под **областью расчета** понимается объем, в котором определены уравнения математической модели, и граница объема, на которой определены граничные условия. Следует отличать область расчета от физического объема, где определена (поставлена) задача обтекания. Например, если вы исследуете экспериментально обтекание цилиндра потоком воздуха, то физическим объемом будет вся лаборатория с экспериментальной установкой. Расчетную область логично ограничить относительно небольшой областью вокруг цилиндра по сравнению с лабораторией, однако достаточно большой, чтобы границы не влияли на результаты расчетов.

Задачи моделирования движения жидкости подразделяются на задачи внешнего обтекания и внутренних течений. Моделирование обтекания самолетов, автомобилей и кораблей относится к **задачам внешнего обтекания**, которое применительно к воздушному обтеканию, называется аэродинамикой. В этом случае задача обтекания обычно поставлена для безграничной среды.

Внутренние течения – это течения, ограниченные твердыми границами. Моделирование течений внутри газопроводов, водозапорных устройств, котлов, камер сгорания относится к задачам расчетов внутренних течений. В этом случае физический объем ограничен и совпадает с границами моделируемого устройства. По сути численных методов, область расчета не может быть безграничной, поэтому для задач внешнего обтекания физический объем никогда не совпадает с расчетной областью. Чтобы обеспечить моделирование неограниченного объема, на границах расчетной области, удаленных от рассматриваемого объекта, ставят соответствующие граничные условия.

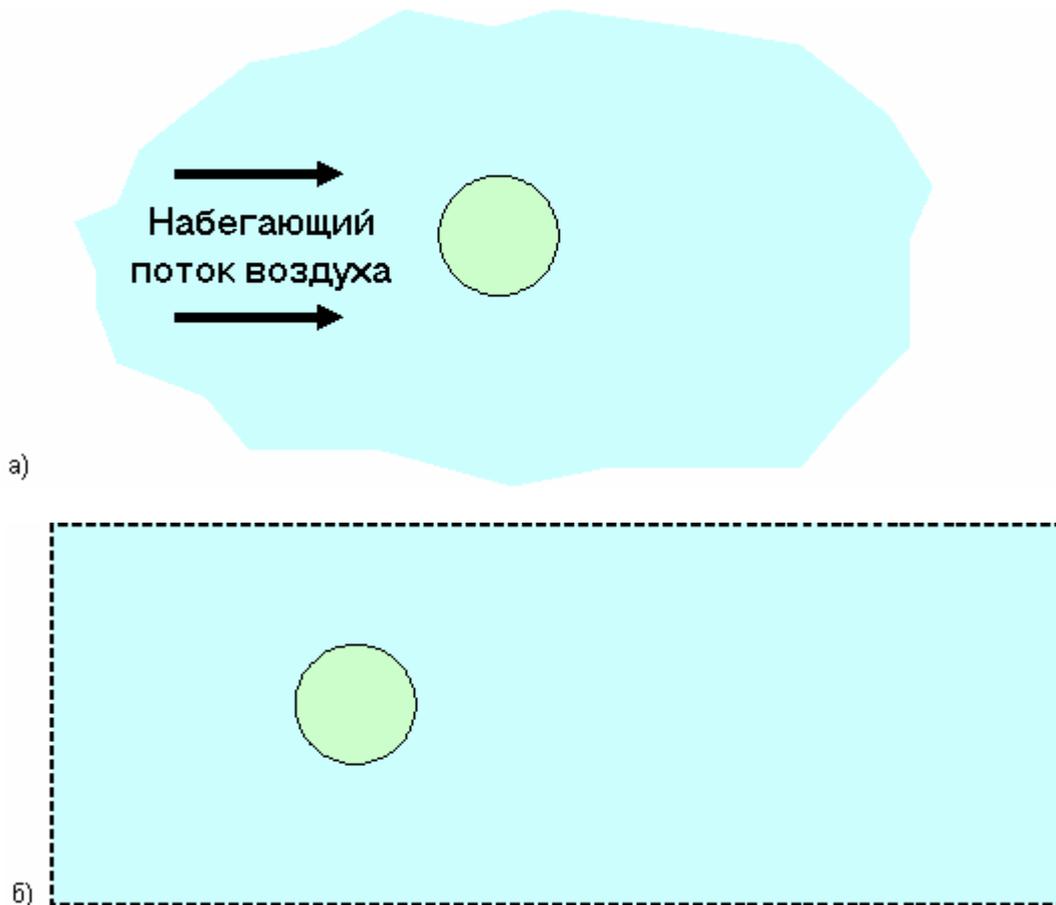
Приведем простейшие примеры задач внутреннего и внешнего обтекания. На рисунке приведена задача течения жидкости в канале с внезапным расширением (так называемая задача обтекания обратного уступа). Жидкость подается в и отбирается из канала бесконечной длины. Расчетная область показана на том же рисунке. Пунктирная линия соответствует входной и выходной границе области расчета.



Пример внутреннего течения – течение в канале с внезапным расширением:

а) физическая постановка задачи, б) область расчета.

На следующем рисунке приведена задача внешнего обтекания – течение воздуха вокруг цилиндра. Цилиндр находится в безграничной среде. Расчетная область показана на том же рисунке. Пунктирная линия соответствует внешней границе области расчета. Выбор расстояния от внешней границы расчетной области до цилиндра и граничных условий на ней обусловлен необходимостью исключения влияния этой границы на течение в окрестности цилиндра.



Пример внешнего обтекания – течение воздуха вокруг цилиндра:

а) физическая постановка задачи, б) область расчета.

3.3.2 Математическая модель

Целью моделирования движения жидкости и газа в расчетной области является получение распределений скорости, давления и других физических параметров жидкости (газа). Чтобы рассчитать эти параметры, необходимо задать физические законы их изменения, совокупность которых для данной задачи называется математической моделью.

Математическая модель движения жидкости или газа – это система уравнений в частных производных, определяющих законы сохранения (энергии, массы, импульса), уравнений состояния жидкости (газа), замыкающих уравнений и граничных и начальных условий.

3.3.3 Начальные и граничные условия

Следующим этапом решения задачи моделирования течения жидкости (газа) является задание начальных и граничных условий.

Начальные условия задают распределение расчетных величин в начальный момент времени во всей расчетной области.

Граничные условия задают распределение расчетных величин на границах расчетной области.

3.3.4 Расчетная сетка

Прежде, чем приступить к расчету, необходимо также задать расчетную сетку во всей расчетной области. Расчетная сетка должна удовлетворять следующим требованиям:

- разрешать все особенности течения (детали геометрии, образование и сход турбулентных вихрей и т. п.);
- удовлетворять основным требованиям к ячейкам сетки (ячейки не должны быть очень сильно вытянуты

по одному из направлений и соседние по какому-то направлению ячейки не должны отличаться по этому направлению более, чем в 2 раза).

Время работы компьютера при выполнении численного моделирования обычно колеблется от нескольких минут (простейшие двумерные задачи с сотнями и несколькими тысячами ячеек) до нескольких суток (например, задачи с горением с числом ячеек в сотни тысяч). Поэтому пользователю требуется опыт для создания расчетной сетки с минимальным количеством ячеек, но которая разрешает основные особенности течения, ради которых проводится моделирование.

3.3.5 Анализ результатов

Оценить точность полученного решения, если нет результатов экспериментов (либо они ненадежны) чрезвычайно сложно. Здесь можно дать следующие рекомендации:

- Во-первых, проверьте сходимость по сетке. Это общий принцип оценки точности получаемого решения, который заключается в проведении серии расчетов одной и той же задачи на сетке, которая последовательно сгущается во всей области расчета. При уменьшении расчетных ячеек точность решения исходных уравнении увеличивается пропорционально h^{-n} , где h – размер расчетной ячейки, n – порядок аппроксимации расчетной схемы (в **FlowVision** $n = 2$). Моделируемые параметры задачи (например, перепад давления на устройстве) при этом сходятся к некоторому значению, соответствующему бесконечно мелкой сетке. Выберите в качестве базовой сетки самую грубую сетку, на которой значение моделируемых параметров близко к рассчитанным параметрам на мелкой сетке с нужной точностью. Отметим, что этот способ оценки точности решения годен только в том случае, если используется "непогрешимая" математическая модель. Например, исследуется движение вязкой ньютоновской жидкости (например, воды) при малых числах Рейнольдса (ламинарное течение). При исследовании турбулентного движения жидкости с помощью эмпирических моделей этим методом вы сможете оценить только точность решения исходных уравнений, но не задачи!
- Во-вторых, решите задачу, близкую к моделируемой, для которой известны экспериментальные результаты или данные других авторов. Например, если вы решаете задачи аэродинамики крыла, то промоделируйте обтекание профиля NACA0012, для которого в литературе можно найти результаты расчетов и экспериментов для широкого диапазона скоростей. На таких задачах можно подобрать оптимальное соотношение точность расчета / грубость сетки, которое потом можно будет использовать для решения своих задач.
- В-третьих, всегда контролируйте характеристики течения, которые могут быть вам известны хотя бы предположительно (перепады давлений, максимальная температура, плотность). Очень часто бывает, что такой контроль позволяет оценить точность получаемого решения без использования трудоемких способов, описанных выше.

3.4 Цели и задачи Руководства пользователя

Указанные особенности ВГД предъявляют определенные требования к подготовке Пользователя:

- владение основами теоретической гидродинамики;
- представление об основных принципах экспериментальной гидродинамики;
- знакомство с численными методами и их применением в области гидродинамики.

Базовые знания перечисленных разделов гидродинамики позволят грамотно и эффективно использовать программный комплекс **FlowVision**.

В данном руководстве основное внимание сосредоточено на описании пользовательского интерфейса.

4 Руководство пользователя

4.1 Общие сведения

4.1.1 Системные требования

	Минимальные	Рекомендуемые
Процессор	Intel PIII (Celeron) 500 МГц AMD Athlon (Duron) 500 МГц	Intel P4 2 ГГц AMD Athlon 2 ГГц
ОЗУ	256 Мб	1 Гб
Видео адаптер	любые видеокарты на чипсетах NVidia и ATI (32 Мб)	любые видеокарты на чипсетах NVidia и ATI (64 Мб)
Сетевая карта	любая	любая

Для корректной установки системных библиотек **Microsoft Visual C++ 2005** под **Windows** должны быть выполнены следующие требования:

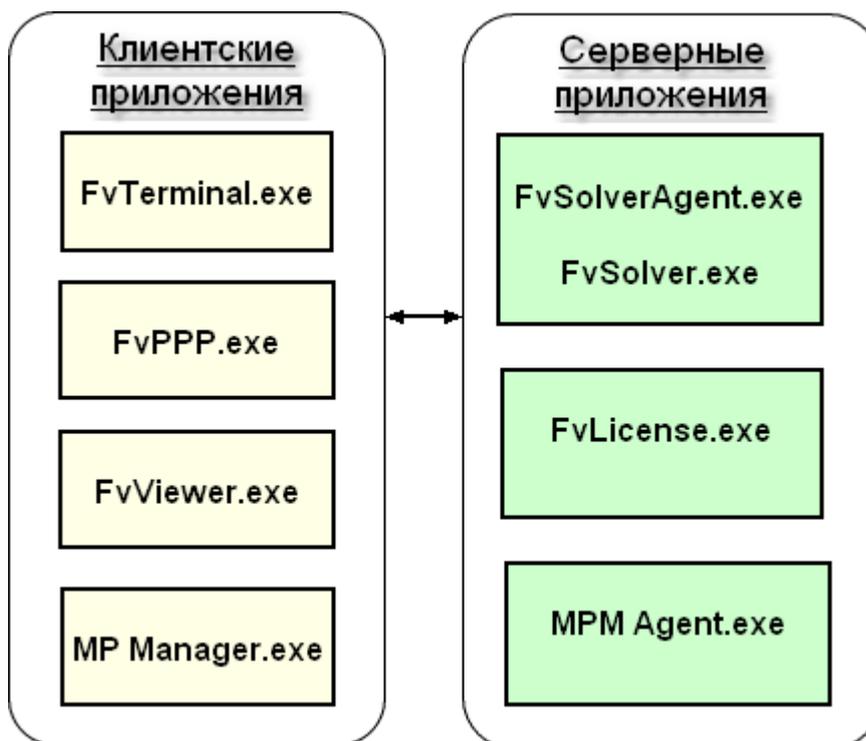
- **операционная система:**
 - Windows 2000 Service Pack 3;
 - Windows Server 2003;
 - Windows XP Service Pack 2;
 - Windows HPC Server 2008;
 - Windows Vista
- **программное обеспечение:** [Windows Installer 3.0](#) (рекомендуется **Windows Installer 3.1** или более поздние версии)

Все необходимые для работы под Linux библиотеки в процессе установки копируются в подкаталог **/libs**. Если при запуске какого-то компонента FlowVision появилось сообщение об отсутствии какой-то системной библиотеки необходимо найти ее в подкаталог **/libs/additional** и скопировать ее в подкаталог **/libs** на уровень выше.

Для проведения параллельных вычислений на машинах, где будет проводиться расчет, должен быть установлен пакет [MPICH 1](#), [MPICH 2](#) или **MSMPI**, входящий в **HPC Pack для Windows Server 2008**. Для расчетов на 64-разрядном солвере на Windows-машине должен быть установлен пакет [MPICH 2](#).

4.1.2 Базовые понятия

4.1.2.1 Компоненты FlowVision



Все компоненты **FlowVision** могут быть условно разделены на две группы: *клиентские приложения* и *серверные приложения*. Приложения из обеих групп могут устанавливаться как на одну машину, так и на разные.

Клиентские приложения – приложения, имеющие пользовательский интерфейс. Пользователь работает с ними непосредственно. *Клиентские приложения* могут быть установлены либо на одну машину, либо на разные. Во **FlowVision** есть следующие независимые *клиентские приложения*: Пре-Постпроцессор, Терминал, Модуль просмотра результатов и МР Менеджер:

Компонент	Описание
Пре-Постпроцессор (<i>FvPPP.exe</i>)	Позволяет регистрировать пользователей и лицензии, создавать проект, запускать проект на расчет и просматривать результаты расчета. Доступен только в операционной системе Windows
Терминал (<i>FvTerminal.exe</i>)	Позволяет управлять проектами и солверами, регистрировать пользователей и лицензии. Не позволяет редактировать проекты и просматривать результаты расчетов. Доступен в операционных системах Windows и Linux (Unix).
Модуль просмотра результатов (<i>FvViewer.exe</i>)	Позволяет следить за результатами моделирования в процессе расчета. Доступен в операционных системах Windows и Linux (Unix).
МР Менеджер (<i>MpManager.exe</i>)	Позволяет настраивать и проводить совместные с другими пакетами расчеты (в данной реализации с пакетом Abaqus).

Серверные приложения – приложения, не имеющие пользовательского интерфейса. Пользователь с ними непосредственно не работает, а взаимодействует через *клиентские приложения*. К *серверным приложениям* относятся следующие компоненты: два взаимно-зависимых – Солвер-Агент и Солвер, и два независимых – Менеджер Лицензий и МРМ-Агент. Солвер-Агент и Солвер всегда устанавливаются на одну машину. Менеджер Лицензий может быть установлен на ту же машину или на любую другую машину, к которой у всех работающих приложений **FlowVision** будет постоянный доступ по сети. МРМ-Агент должен быть установлен на той же машине, что и Abaqus.

Компонент	Описание
Солвер-Агент (<i>FvSolverAgent.exe</i>)	Управляет проектами пользователя и работой солверов.
Солвер (<i>FvSolver.exe</i>)	Выполняет расчёты.
Менеджер Лицензий (<i>FvLicense.exe</i>)	Управляет лицензиями.
МРМ-Агент (<i>MpmAgent.exe</i>)	Осуществляет соединение МР Менеджера с Abaqus

4.1.2.1 Версии приложений FlowVision

Версия приложения имеет следующий формат:

version 3.XX.XX build YYYYMMDD

Каждое приложение **FlowVision** может иметь свою версию.

Узнать версию приложения можно:

1. В Конфигураторе на закладке [Общие](#)
2. Посредством файла *GetVersion*

Для того, чтобы узнать версию приложения посредством файла *GetVersions*, необходимо:

- В установочной директории **FlowVision** запустите файл *GetVersions.bat* (для **Windows**) или файл *GetVersions* (для **Linux**). После этого появится файл *Versions.txt*, в котором будет собрана информация о версиях всех установленных на этом компьютере компонентов **FlowVision** (в случае Linux компьютера файл *Versions.txt* не создается, а вывод версий осуществляется в консоль).
- Если данный компонент **FlowVision** установлен на нескольких компьютерах, повторите указанные действия на каждом из них.

4.1.2.2 Директории FlowVision

При инсталляции и настройке **FlowVision** используются несколько директорий:

Инсталляционная директория - директория, в которой проинсталлирован **FlowVision**.

Серверная директория - директория, где хранятся серверные части проектов (более подробно описание серверных частей см. [Файлы проекта FlowVision](#)).

4.1.2.3 Машины

Будем различать два вида машин: *пользовательскую* и *расчетную*.

Пользовательская – машина, на которой пользователь проводит подготовку проекта и анализ результатов.

Расчетная – машина, на которой пользователь проводит расчет.

В общем случае пользовательских и расчетных машин может быть несколько. С другой стороны, одна и та же машина может быть одновременно и пользовательской, и расчетной.

4.1.2.4 Сеть

В общем случае расчет производится на нескольких машинах, объединенных в сеть. Машина, включенная в сеть, может быть *однопроцессорной*, *многопроцессорной*, или *кластером*.

Многопроцессорная – машина, имеющая более одного процессора.

Кластер – несколько машин, объединенных в единый вычислительный комплекс, на которых одновременно может протекать несколько вычислительных процессов. Одна из машин кластера является *управляющей*. На нее производится установка *серверных приложений FlowVision*. При этом Менеджер Лицензий может быть установлен на любую машину, к которой *кластер* имеет доступ. Обычно же его устанавливают на *управляющую* машину.

4.1.3 Установка

4.1.3.1 Установка для Windows

Установка **FlowVision** под Windows производится стандартным инсталлятором.



*При установке **FlowVision** на машину, где уже установлена более старая версия, рекомендуется сперва удалить старую версию программы, а затем установить новую.*

Ниже приводится необходимая для установки последовательность действий:

1. Выбор языка

Выберите язык, который будет использован в интерфейсе инсталлятора. Этот же язык будет установлен по умолчанию в интерфейсе клиентской части **FlowVision**.

2. Лицензионное соглашение

Ознакомьтесь с лицензионным соглашением и отметьте согласие с ним.

3. Выбор директории

Укажите инсталляционную директорию **FlowVision**.

4. Выбор устанавливаемых компонентов

Отметьте в списке компоненты, которые требуется установить на данную машину:

Солвер и Солвер-Агент

32-bit Солвер

64-bit Солвер

Менеджер Лицензий

Пре-Постпроцессор

Учебные материалы

Пре-Постпроцессор

Терминал

Модуль просмотра результатов

Системные библиотеки (устанавливаются всегда).

MP-Менеджер

MP-Менеджер

MPM-Агент

При установке Солвера автоматически устанавливается Солвер-Агент.

Что где устанавливать:

- Если для подготовки проектов и для расчетов будет использоваться одна Windows машина, то на ней устанавливаются все компоненты.
- Если для подготовки проектов и для расчетов будут использоваться разные машины, то
 - на клиентские машины устанавливаются клиентские приложения,
 - на серверные машины устанавливаются серверные приложения.
- Менеджер Лицензий может быть установлен на любую машину, доступную по сети другим работающим компонентам **FlowVision**. Если используется несколько, не соединенных сетью машин (например, подготовка проекта и визуализация результатов производятся на одной машине, расчёты - на другой), то на каждой такой машине должен быть установлен свой Менеджер Лицензий и зарегистрирована своя лицензия.

5. Выбор папки стартового меню

Укажите папку стартового меню, в которую будут добавлены значки компонентов **FlowVision**.

6. Установка Менеджера Лицензий в качестве сервиса

Укажите, хотите ли Вы чтобы Менеджер Лицензий был установлен как сервис. ¹⁾

Этот пункт выполняется только если Менеджер Лицензий отмечен в списке устанавливаемых компонентов.

7. Установка Солвер-Агента в качестве сервиса

Укажите, хотите ли Вы чтобы Солвер-Агент был установлен как сервис. ¹⁾

Этот пункт выполняется только если Солвер-Агент отмечен в списке устанавливаемых компонентов.

8. Задание местонахождения Менеджера Лицензий

Укажите IP адрес или имя компьютера, на котором установлен Менеджер Лицензий. Это нужно для автоматической модификации конфигурационных файлов. Если все компоненты установлены на одной машине, IP адрес: 127.0.0.1.

Этот пункт выполняется только в том случае, если установка Менеджера Лицензий НЕ производится.

7. Задание местонахождения Солвер-Агента

Укажите IP адрес или имя компьютера, на котором установлен Солвер-Агент. Это нужно для автоматической модификации конфигурационных файлов. Если все компоненты установлены на одной машине, IP адрес: 127.0.0.1.

Этот пункт выполняется только в том случае, если установка Солвера и Солвер-Агента HE производится.

Комментарии:

¹⁾ Если компонент устанавливается как сервис, то он запускается автоматически при запуске компьютера под пользователем SYSTEM.

4.1.3.2 Установка для Linux (Unix)

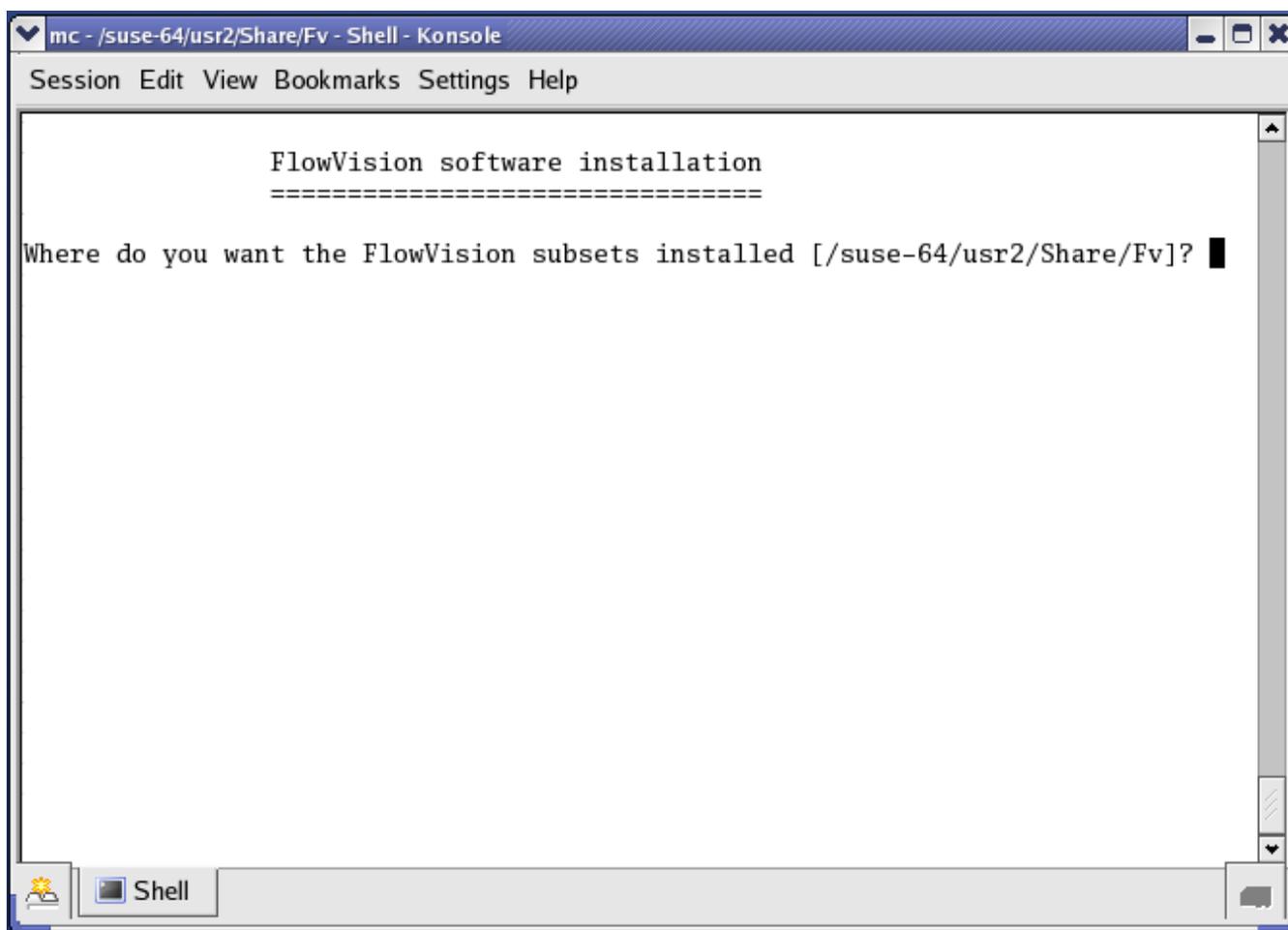
Инсталлятор для Linux (Unix) представляет собой приложение, работающее в текстовом режиме – пользователь управляет ходом установки с помощью клавиатуры. Ниже приводится необходимая для установки последовательность действий.

1. Лицензионное соглашение

Ознакомьтесь с лицензионным соглашением и отметьте согласие с ним. «Прокрутка» лицензионного соглашения экран за экраном выполняется нажатием клавиши «Пробел».

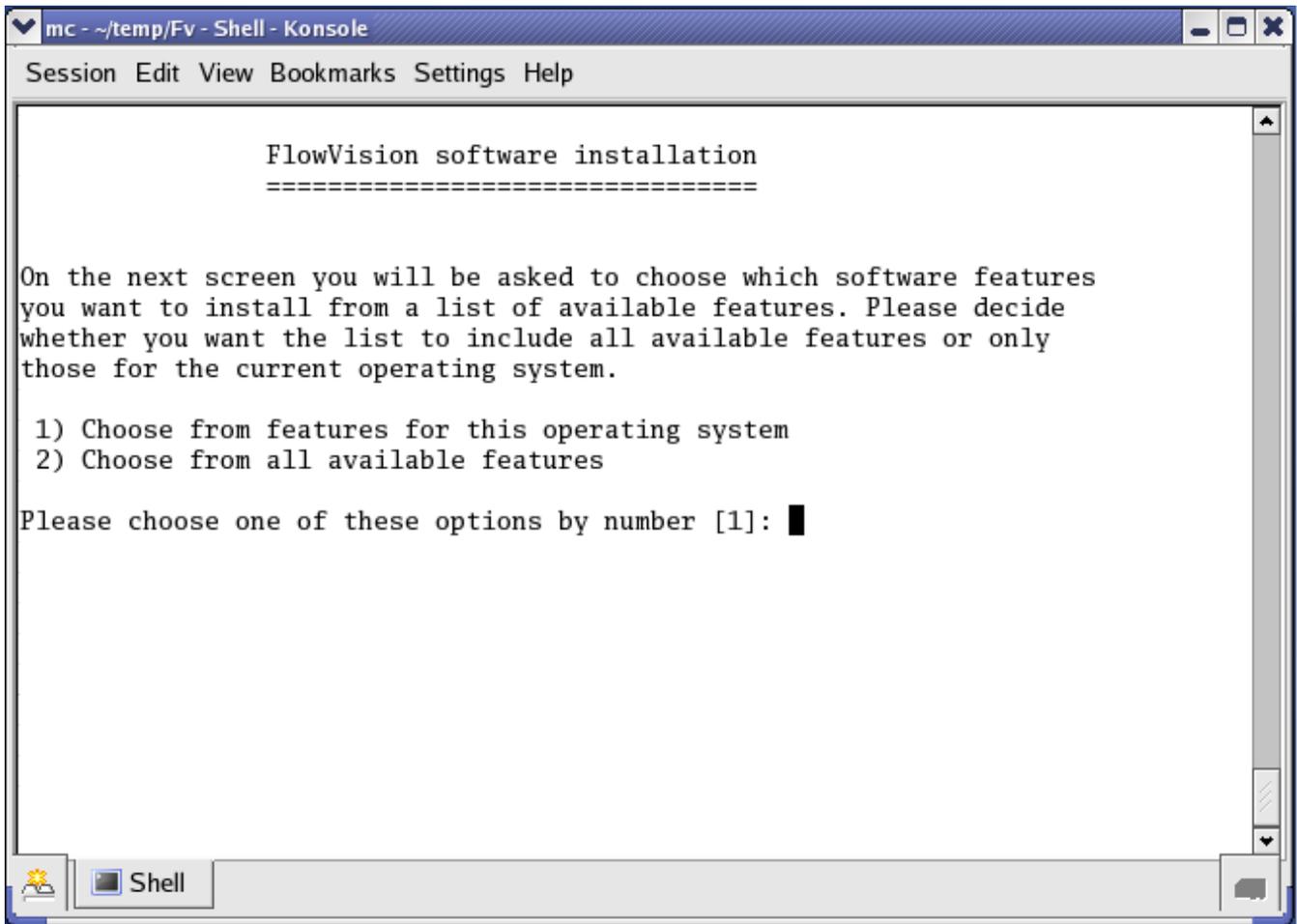
2. Выбор директории

Укажите инсталляционную директорию **FlowVision**. Путь по умолчанию приведен в квадратных скобках. Он будет использован, если Вы ничего не вводя, нажмёте клавишу «Enter».



3. Выбор устанавливаемых компонентов

Дистрибутив для Linux может содержать компоненты **FlowVision**, предназначенные для различных Linux систем. Поэтому отметьте либо выбор из компонентов, предназначенных только для данной Linux системы, либо выбор из компонентов, предназначенных для всех Linux систем.



Для выбора из компонентов, предназначенных только для данной операционной системы, введите 1 (или просто нажмите «Enter»), для выбора из всех компонентов – нажмите 2.

Далее отметьте компоненты **FlowVision**, которые должны быть установлены на данной машине.

```

mc - ~/temp/Fv - Shell - Konsole
Session Edit View Bookmarks Settings Help

          FlowVision software installation
          =====

You can choose to load features from the following list.
The features to be loaded are indicated by a *

  No. Feature Description                                Platform
  *  1) FlowVision solver                                Linux
  *  2) FlowVision 64 bit solver                          Linux
  *  3) FlowVision license server                          Linux
  *  4) FlowVision terminal                               Linux
  *  5) FlowVision viewer                                 Linux
  *  6) Multi physics manager                             Linux

Disk space required to install all features:             261.9 Mb
Disk space required to install selected features:        261.9 Mb

(de)select features to install by number; c to continue; h for help []: █
  
```

Для этого введите номер соответствующего компонента. У отмеченных компонентов появляется звездочка слева. Для отмены выбора повторно введите номер данного компонента. Под списком компонентов отображается объем дискового пространства, необходимый для установки выбранных компонентов. По окончании выбора нажмите «с». Далее будет выполнена установка отмеченных компонентов в указанный ранее каталог.

При установке Солвера автоматически устанавливается Солвер-Агент. Пре-Постпроцессор в среде Linux (Unix) недоступен.

4.1.4 Настройка

Настройка компонентов FlowVision осуществляется посредством конфигурационных файлов. Конфигурационные файлы редактируются:

1. Вручную
2. В [Конфигураторе](#)



После установки FlowVision, необходимо провести настройку!

Конфигурационный файл - текстовый файл с расширением CFG. Каждый конфигурационный файл соответствует компоненту FlowVision. Конфигурационный файл содержит [параметры соединения и взаимодействия данного компонента с другими, записи файлов протоколов](#) .

Файл протокола - текстовый файл с расширением LOG. Каждый файл протокола соответствует компоненту FlowVision. В файл протокола выводится информация о работе компонента и ошибках, произошедших во время работы.

Пользовательские файлы - конфигурационные файлы и файлы протоколов.

Временные файлы - файлы, создаваемые и удаляемые компонентами в процессе работы.

Шаблон конфигурационного файла - текстовый файл с расширением CFT. Каждый шаблон

конфигурационного файла соответствует компоненту FlowVision и находится рядом с ним. Шаблон конфигурационного файла содержит [пути к пользовательским и временным файлам](#) и [параметры конфигурационного файла](#).

Конфигурационный файл (CFG) создается при первом запуске приложения **FlowVision** на основе шаблона конфигурационного файла. Шаблоны конфигурационных файлов имеют то же имя, что и конфигурационные файлы.

Во **FlowVision** существуют следующие конфигурационные файлы:

Файл	Приложение
FvLicense.CFGg	Менеджер лицензий
FvSolverAgent.CFG	Солвер Агент
FvSolver.CFG	Солвер
FvTerminal.CFG	Терминал
FvPPP.CFG	ПреПостпроцессор
FvViewer.CFG	Модуль просмотра результатов
MpManagerD.CFG	MP Менеджер
MpmAgent.CFG	MPM Агент

Настройка **FlowVision** осуществляется по следующему принципу:

1. до первого запуска компонента изменения вносятся в шаблон конфигурационного файла (CFT-файл),
2. после первого запуска компонента приложения изменения вносятся в конфигурационный файл (CFG-файл).

4.1.4.1 Пути к пользовательским и временным файлам

Пользовательская директория - директория, предназначенная для записи и хранения конфигурационных файлов и файлов протоколов.

Структура пользовательской директории:

FlowVision	название пользовательской директории
settings	директория, в которой хранятся конфигурационные файлы
logs	директория, в которой хранятся файлы протоколов

Директория временных файлов - это директория, предназначенная для записи и хранения временных файлов.



Задание путей к пользовательским и временным файлам компонентов FlowVision необходимо проводить до их первого запуска!!!

Пути к пользовательской директории и директории временных файлов компонента FlowVision задаются в шаблоне конфигурационного файла соответствующего компонента (CFT-файле):

Параметр	Значение	Значение по умолчанию
HOME	<p>Путь к Пользовательской директории</p> <p>Системная HOME = SYS (по умолчанию) Пользовательская директория расположена в системной директории пользователя: Windows - C:\Documents and Settings\username Linux - /home/username</p> <p> <i>У каждого пользователя своя системная директория!!! При запуске компонент под разными пользователями будут использоваться разные системные директории!!!</i></p> <p>Инсталляционная</p>	SYS

	<p>HOME = INSTALL Пользовательская директория расположена в инсталляционной директории рядом с соответствующим компонентом FlowVision</p> <p>Другая HOME = path Пользовательская директория расположена по указанному адресу</p>	
TMP	<p>Путь к Директории временных файлов</p> <p>Системная HOME = SYS (по умолчанию) Директория временных файлов расположена в системной директории временных файлов: Windows - <i>C:\Temp</i> Linux - <i>/tmp</i></p> <p>Инсталляционная HOME = INSTALL Директория временных файлов расположена в инсталляционной директории рядом с соответствующим компонентом FlowVision</p> <p>Другая HOME = path Директория временных файлов расположена по указанному адресу</p>	SYS

Задать директории в шаблоне конфигурационного файла можно:

- в Конфигураторе на закладке [Администрирование](#) группа параметров **Директории**
- непосредственно в шаблонах конфигурационных файлов (параметры **HOME** и **TMP**).

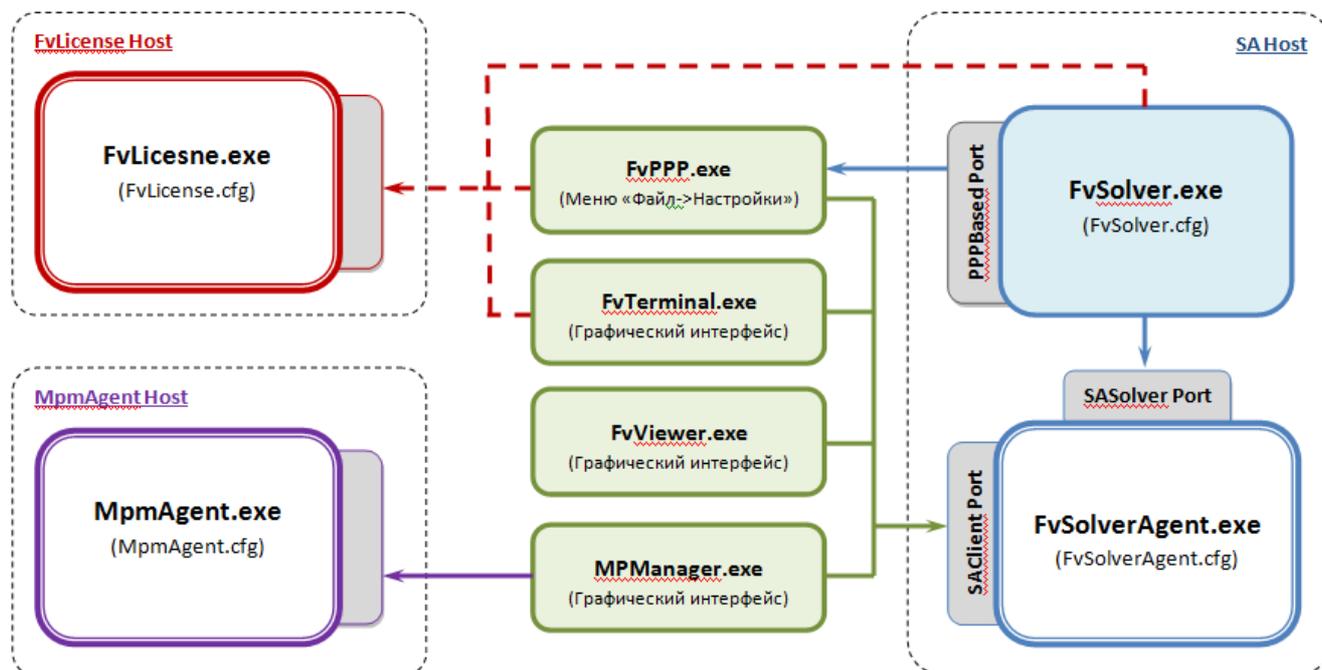
При запуске компонента **FlowVision** им осуществляются следующие действия:

- Загружается шаблон конфигурационного файла (CFT) и определяется местоположение Пользовательской директории (параметр **HOME**).
- Осуществляется поиск конфигурационного файла (CFG) в Пользовательской директории.
- Если в Пользовательской директории не найден соответствующий конфигурационный файл, то он создается на основе шаблона (CFT-файла).
- Если шаблон конфигурационного файла (CFT) не обнаружен, то конфигурационный файл создается на основе настроек по умолчанию (**HOME=SYS** и **TMP=SYS**)

Если на данный компьютер **FlowVision** устанавливается впервые, то конфигурационные файлы еще не созданы. При первом запуске каждого компонента конфигурационные файлы будут созданы в соответствующих каталогах (как указано в шаблонах). При дальнейшей работе все настройки будут взяты из конфигурационных файлов (а не шаблонов!).

4.1.4.2 Параметры конфигурационных файлов

Параметры конфигурационных файлов могут редактироваться как в графическом интерфейсе [Конфигуратора](#), так и в тексте самих файлов.



Общие параметры конфигурационных файлов:

Параметр	Значение	Значение по умолчанию
PPPBasePort	Базовый порт для прямого соединения Солвера и Пре-Постпроцессора	11000
FvLicenseHost	IP адрес или сетевое имя машины, на которой запущен Лицензионный менеджер	127.0.0.1
FvLicensePort	Порт для соединения Лицензионного Менеджера и лицензируемых компонентов	10010
SAHost	IP адрес для соединения с Солвер Агентом (IP адрес или сетевое имя компьютера, на котором запущен Солвер Агент).	127.0.0.1
SAClientsPort	Порт для соединения Солвер-Агента и клиентских компонентов (Пре-Постпроцессора, Терминала, Модуля просмотра результатов, МРМенеджера)	10020
SASolversPort	Номер порта для соединения Солвера и Солвер-Агента.	10021
DebugLog	Запись отладочных сообщений в файлы протоколов: “Yes” – запись включена, Отсутствие параметра или любое другое его значение – запись выключена.	No

4.1.4.2.1 Файл Менеджера лицензий

Конфигурационный файл *FvLicense.cfg*

Параметр	Значение	Значение по умолчанию
FvLicensePort	См. Общие параметры конфигурационных файлов	10010
DebugLog	См. Общие параметры конфигурационных файлов	No

4.1.4.2.2 Файл Солвер Агента

Конфигурационный файл *FvSolverAgent.cfg*

Параметр	Значение	Значение по умолчанию
SAClientsPort	См. Общие параметры конфигурационных файлов	10020
SASolversPort	См. Общие параметры конфигурационных файлов	10021
DebugLog	См. Общие параметры конфигурационных файлов	No
MaxProcNum	Максимальное количество процессоров, которое можно загрузить при работе с очередью проектов	отсутствует
SolverCmdLine ¹	Командная строка для запуска солвера в однопроцессорном режиме (без использования MPI).	../FvSolver.exe;32-bit solver
		../FvSolver64.exe;64-bit solver
SolverCmdLine MPI ¹	Командная строка для запуска солвера через MPI.	mpisexec -n %1 ../FvSolver.exe;32-bit MPICH2 solver
		mpisexec -n %1 ../FvSolver64.exe;64-bit MPICH2 solver
		job submit /numprocessors:%1 /JobName: FlowVisionHPCSolver mpisexec ../FvSolver.exe mpi=libFvMPI_MS_MPI_x86.dll;32-bit Microsoft MPI solver
		job submit /numprocessors:%1 /JobName: FlowVisionHPCSolver mpisexec ../FvSolver64.exe mpi=libFvMPI_MS_MPI_x64.dll;64-bit Microsoft MPI solver

Примечания:

¹ Командных строк может быть несколько.

4.1.4.2.2.1 Командная строка

Командная строка - строка, содержащая набор команд, позволяющих запустить солвер.

Структура командной строки при запуске Солвера через Солвер-Агент:

RUNMPI MACHINEFILE PWDFILE RUNSOLVER THREADS SOLVEROUTPUT; DESCRIPTION

Параметры командной строки:

Параметр	Значение	Синтаксис
RUNMPI	Команда для запуска MPI ^{1,2}	Для MPICH 1: path/mpirun -np %1 ⁵ для MPICH 2/MSMPI без системы распределения задач: path/mpisexec -n %1 ⁵ для MSMPI при запуске через систему распределения задач job submit /numprocessor:%1 /JobName: FlowVisionHPCSolver mpisexec
MACHINEFILE	Файл машин MPI ^{1,3}	Для MPICH 1.2.5/MPICH 2:

		-machinefile path/filename.txt ⁵
PWDFILE	Файл пользователя MPI ^{1,3}	Для MPICH 1.2.5/MPICH 2: -pwdfile path/filename.txt ⁵
RUNSOLVER	Команда для запуска солвера	path/FvSolver.exe ⁵ path/FvSolver64.exe ⁵
SOLVEROUTPUT	Вывод содержимого консольного окна в текстовый файл	>path/filename.txt ⁵
DESCRIPTION	Имя командной строки, видимое в списке при запуске солвера из Пре-Постпроцессора и Терминала ⁴	solvername

Пример командной строки:

```
"C:\Program Files\MPICH2\bin\mpiexec" -n %1 -machinefile hosts.txt -pwdfile pwd.txt ../FvSolver.exe;32-bit solver
```

Примечания:

- ¹ Данные параметры задаются только при запуске солвера через MPI. Подробнее о использовании параметров MPI см. в документации MPICH соответствующей версии.
- ² При запуске солвера в многопроцессорном режиме Солвер-Агент запускает MPI, который, в свою очередь, запускает солвер. Количество процессоров, на котором запускается солвер, задается в интерфейсе при запуске солвера и автоматически подставляется в командную строку на место символа '%1'.
- ³ При запуске Солвера через MPI рекомендуется либо указывать machinefile и pwdfile, либо в качестве [Пользовательской директории](#) Солвера использовать Инсталляционную. В противном случае, MPI может запустить Солвер под другим пользователем, и Солвер будет использовать другую Пользовательскую директорию.
- ⁴ Если параметр description не задан, командная строка не будет видна при запуске солвера из Пре-Постпроцессора и Терминала.
- ⁵ path/ - путь к соответствующему файлу. Можно использовать абсолютный локальный путь, абсолютный сетевой путь или относительный путь (в данном случае, относительно Солвер-Агента). При запуске расчета на кластере рекомендуется использовать абсолютный сетевой путь. Если в пути присутствует пробел, то путь вместе с файлом рекомендуется заключать в двойные кавычки: "path/filename".



В команде для запуска MPI рекомендуется всегда задавать абсолютный локальный путь к исполняемому файлу.

Файл машин MPI - текстовый файл (TXT), содержащий сетевые имена машин, на которых будет запущен солвер. Имена машин могут повторяться. Солвер запускается на машинах в той последовательности, в которой они указаны в файле. Если количество машин меньше, чем количество процессоров, на которых следует запустить солвер, список начинается заново.

Структура файла машин MPI:

```
MACHINE1
MACHINE2
MACHINE3
MACHINE4
```

Образец файла машин MPI для запуска солвера на одной машине:

```
127.0.0.1
```

Образец файла машин MPI для запуска солвера на кластере:

```
192.168.1.1
192.168.1.2
192.168.1.3
192.168.1.4
```

Файл пользователя MPI - текстовый файл (TXT), содержащий логин и пароль пользователя, под которым будет запущен солвер на машинах, указанных в [Файле машин MPI](#).

Структура файла пользователя MPI:

```
USERNAME
PASSWORD
```

Параметр	Значение
USERNAME	Логин пользователя, под которым будет запущен солвер ¹
PASSWORD	Пароль пользователя, под которым будет запущен солвер ²

Образец файла пользователя MPI:

```
DOMEN/user
123456
```

Примечание:

¹Если пользователь состоит в домене, то в логин необходимо также включить название домена.

²Рекомендуется использовать пароль, содержащий только цифры и латинские символы, отсутствие пароля недопустимо.

4.1.4.2.3 Файл Солвера

Конфигурационный файл *FvSolver.cfg*

Параметр	Значение	Значение по умолчанию
PPPBasePort	См. Общие параметры конфигурационных файлов	11000
FvLicenseHost	См. Общие параметры конфигурационных файлов	127.0.0.1
FvLicensePort	См. Общие параметры конфигурационных файлов	10010
SAHost	См. Общие параметры конфигурационных файлов	127.0.0.1
SASolversPort	См. Общие параметры конфигурационных файлов	10021
DebugLog	См. Общие параметры конфигурационных файлов ¹ :	No

Примечания:

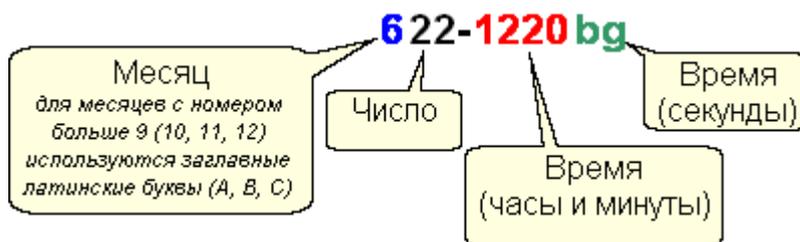
¹ FvSolverComm_XXX-XXXXXX.log – содержит сообщения о соединении с серверными приложениями

FlowVision.

Commander_XXX-XXXXXX.log – содержит сообщения о выполнении команд управления солвером.

XXX-XXXXXX – идентификатор солвера.

Каждый солвер при запуске получает идентификатор. Основой для создания идентификатора является дата и время запуска солвера. Идентификатор имеет вид:



Идентификатор солвера используется в именах лог-файлов соответствующего солвера и его можно увидеть в терминале и пре-постпроцессоре при отображении списка активных солверов.

4.1.4.2.4 Файл Терминала

Конфигурационный файл *FvTerminal.cfg*

Параметр	Значение	Значение по умолчанию
ViewerDir	Путь к директории, где установлен Модуль Просмотра Результатов. Путь может быть абсолютным или относительным (относительно <i>FvTerminal.exe</i>).	../Viewer/
DebugLog	См. Общие параметры конфигурационных файлов	No

4.1.4.2.5 Файл ПреПостпроцессора

Все параметры настраиваются через пользовательский интерфейс меню **Файл**→**Настройки**...
В файле *FvPPP.cfg* хранятся текущие настройки. Есть возможность сохранять/загружать настройки в/из пользовательские конфигурационные файлы.

4.1.4.2.6 Файл Модуля просмотра результатов

Конфигурационный файл *FvViewer.cfg*

Параметр	Значение	Значение по умолчанию
DebugLog	См. Общие параметры конфигурационных файлов	No

4.1.4.2.7 Файл MP Менеджера

Все параметры настраиваются через интерфейс MP Менеджера. В файле *MrManagerD.cfg* хранятся текущие настройки.

4.1.4.2.8 Файл MPM Агента

Конфигурационный файл *MpmAgent.cfg*

Параметр	Значение	Значение по умолчанию
Port	Номер порта, который будет создан и на котором MPM Агент будет ожидать соединения от FlowVision сервера. Этот же номер порта должен быть указан при подготовке проекта в MP Manager (настройка параметров Abaqus) в поле MPM Agent порт	10090
Abaqus	Путь к исполняемому файлу Abaqus.	
DebugLog	См. Общие параметры конфигурационных файлов	No

4.1.4.3 Конфигуратор

Конфигуратор предназначен для просмотра и редактирования конфигурационных файлов и шаблонов конфигурационных файлов, а также просмотра лог-файлов с помощью графического интерфейса. Поиск всех файлов осуществляется автоматически.

Модуль *FvConfigurator* работает как под Windows, так и под Linux, устанавливается автоматически вне зависимости от набора устанавливаемых компонентов и располагается в корне инсталляционной директории FlowVision.

Закладки Конфигуратора:

1. [Общие](#)
2. [Конфигурация/Протоколы](#)
3. [Администрирование](#)
4. [Техподдержка](#)

4.1.4.3.1 Общее

Закладка **Общее** содержит информацию об установленных компонентах.

Содержимое закладки **Общее**:

Инсталляционная [инсталляционная директория FlowVision](#)

директория

Установленные [список компонентов FlowVision](#) с указанием того,

компоненты установлены ли они на данной машине.

Версии При нажатии на кнопку для каждого установленного компонента отображается номер [версии](#)

4.1.4.3.2 Конфигурация / Протоколы

Закладка **Конфигурация / Протоколы** предназначена для просмотра и редактирования конфигурационных файлов (CFG) и для просмотра файлов протоколов (LOG).

Содержимое закладки **Конфигурация / Протоколы**:

Конфигурационные файлы

Терминал	Просмотреть или редактировать конфигурационный файл Терминала ¹⁾
Модуль просмотра	Просмотреть или редактировать конфигурационный файл Модуля просмотра результатов ¹⁾
Солвер	Просмотреть или редактировать конфигурационный файл Солвера ¹⁾
Солвер агент	Просмотреть или редактировать конфигурационный файл Солвер-Агента ^{1,2)}
Менеджер лицензий	Просмотреть или редактировать конфигурационный файл Менеджера лицензий ¹⁾

Файлы протоколов

Терминал	Просмотреть файл протокола Терминала ¹⁾
Модуль просмотра	Просмотреть файл протокола Модуля просмотра результатов ¹⁾
Солвер	Просмотреть файл протокола Солвера ¹⁾
Солвер агент	Просмотреть файл протокола Солвер-Агента ¹⁾
Менеджер лицензий	Просмотреть файл протокола Менеджера лицензий ¹⁾

Примечания:

¹⁾ Для того, чтобы просмотреть файл, необходимо нажать на кнопку **Просмотр**. Для того, чтобы посмотреть путь к файлу, необходимо подвести курсор мыши к кнопке **Просмотр**, но не нажимать ее. Кнопка **Просмотр** активна только в том случае, если соответствующий файл существует.

²⁾ В окне **Настройка солвер агента** дополнительно возможность управления командными строками для запуска солвера:

Кнопка:	Действие:
Добавить	Добавление новой командной строки для запуска солвера
Изменить	Редактирование выбранной командной строки
Удалить	Удаление выбранной командной строки

4.1.4.3.3 Администрирование

Закладка **Администрирование** предназначена для просмотра и редактирования шаблонов конфигурационных файлов (CFT).

Содержимое закладки **Администрирование**:

Конфигурационные шаблоны

Терминал	Просмотреть или редактировать шаблон конфигурационного файла Терминала ¹⁾
Модуль просмотра	Просмотреть или редактировать шаблон конфигурационного файла Модуля просмотра результатов ¹⁾
Солвер	Просмотреть или редактировать шаблон конфигурационного файла Солвера ¹⁾
Солвер агент	Просмотреть или редактировать шаблон конфигурационного файла Солвер-Агента ^{1,2)}
Менеджер лицензий	Просмотреть или редактировать шаблон конфигурационного файла Менеджера лицензий ¹⁾

Директории

Терминал	Просмотреть или задать Пользовательскую директорию и Директорию временных файлов Терминала ¹⁾
Модуль просмотра	Просмотреть или задать Пользовательскую директорию и Директорию временных файлов Модуля просмотра результатов ¹⁾
Солвер	Просмотреть или задать Пользовательскую директорию и Директорию временных файлов Солвера ¹⁾
Солвер агент	Просмотреть или задать Пользовательскую директорию и Директорию временных файлов Солвер-Агента ¹⁾
Менеджер лицензий	Просмотреть или задать Пользовательскую директорию и Директорию временных файлов Менеджера лицензий ¹⁾

Примечания:

См. [Конфигурирование/Протоколы](#)

4.1.4.3.4 Техподдержка

Закладка **Техподдержка** предназначена для создания архивного файла с диагностической информацией для службы поддержки **FlowVision**.

Для того, чтобы получить файл с диагностической информацией, необходимо:

- Начать кнопку **Выбрать**
- Задать путь и имя файла
- Нажать кнопку **Создать архив**

4.1.4.4 Ошибки, возникающие при настройке

Сообщения об ошибках, возникающих при настройке, записываются в файлы протоколов. Файлы протоколов можно посмотреть с помощью Конфигуратора (закладка [Конфигурация / Протоколы](#), группа параметров **Файлы протоколов**). Там же можно увидеть их местоположения (подробнее см. раздел [Пути к пользовательским и временным файлам](#)).

Ошибка при запуске Менеджера лицензий (FvLicense.exe)

Если при запуске лицензионного сервера он не запустился, а в файле прротокола Менеджера лицензий (*FvLicense.log*) появилась информация об ошибке создания сокета (“*Cannot create a server socket, port 10010*”), необходимо в конфигурационном файле Менеджера лицензий (*FvLicense.cfg*) изменить параметр **FvLicensePort** на значение 10100. Если ошибка повторяется, увеличивать значение параметра на 1 и повторять попытки запуска. После определения корректного номера порта, это значение необходимо установить и в ряде других конфигурационных файлов:

Конфигурационный файл	Настройки пользовательского интерфейса	Параметр
–	Терминал (диалоги операций с лицензиями)	Порт
FvSolver.cfg	Конфигуратор (Конфигурация/Протоколы→ Конфигурационные файлы→Солвер)	FvLicensePort
FvPPP.cfg	Пре-Постпроцессор (Файл→Настройки...)	Менеджер лицензий →Порт

Ошибка при запуске Солвер Агента (FvSolverAgent.exe)

Если при запуске Солвер Агента он не запустился, а в лог-файле Солвер агента (*FvSolverAgent.log*) появилась информация об ошибке создания клиентского сокета (“*Cannot create a server socket, port 10020*”), необходимо в конфигурационном файле Солвер Агента (*FvSolverAgent.cfg*) изменить параметр **SAClientsPort** на значение 10100. Если ошибка повторяется, увеличивать значение параметра на 1 и повторять попытки запуска. После определения корректного номера порта, это значение необходимо установить и в ряде других конфигурационных файлов:

Конфигурационный файл	Настройки пользовательского интерфейса	Параметр
–	Терминал (диалог авторизации пользователя)	Порт
FvPPP.cfg	Пре-Постпроцессор (Файл→Настройки...)	Солвер Агент→Порт

Если при запуске Солвер Агента он не запустился, а в лог-файле Солвер агента (*FvSolverAgent.log*) появилась информация об ошибке создания серверного сокета (“*Cannot create a server socket, port 10021*”), необходимо в конфигурационном файле Солвер Агента (*FvSolverAgent.cfg*) изменить параметр **SASolversPort** на значение 10100. Если ошибка повторяется, увеличивать значение параметра на 1 и повторять попытки запуска. После определения корректного номера порта, это значение необходимо установить и в ряде других конфигурационных файлов:

Конфигурационный файл	Настройки пользовательского интерфейса	Параметр
FvSolver.cfg	Конфигуратор (Конфигурация/Протоколы→ Конфигурационные файлы→Солвер)	SASolversPort

4.1.5 Лицензирование

Получение и регистрация лицензии являются необходимыми этапами начала работы с **FlowVision**.

Основные термины, использующиеся в процедуре лицензирования:

Регистрационная информация – данные, предоставляемые пользователем в службу поддержки **FlowVision** для выдачи ему лицензии.

Регистрационный файл - файл с расширением RDB, содержащий регистрационную информацию.

Пользователь должен послать регистрационный файл в службу поддержки **FlowVision**.

Лицензия – разрешение на использование определенных возможностей **FlowVision**, предоставляемое пользователю.

Лицензионный файл – файл с расширением LIC, содержащий все необходимое для регистрации лицензии.

Лицензионный файл выдается пользователю службой поддержки **FlowVision**. Он должен быть зарегистрирован на Менеджере лицензий, после чего лицензия может использоваться при работе **FlowVision**

Информационный файл - файл с расширением TXT, выдаваемый пользователю службой поддержки **FlowVision**. В нем содержится информация о пользователе и сроках действия лицензии.

Лицензионное имя – имя, на которое выдается лицензия (находится в информационном файле).

Лицензионный пароль – пароль, дающий пользователю право воспользоваться лицензией после регистрации лицензионного файла на Менеджере лицензий (находится в информационном файле).

Лицензионное имя и Лицензионный пароль подтверждают право пользователя на использование данной лицензии и будут необходимы в дальнейшем при регистрации нового пользователя на Солвер-Агенте.

Лицензирование осуществляется:

1. Из [Пре-Постпроцессора](#) с помощью команд меню **Файл→Лицензии**
2. Из [Терминала](#) с помощью команд меню **Лицензии**
3. При запуске [утилиты FvLicenseUtil](#) со специальными ключами.

При этом Менеджер лицензий (*FvLicense.exe*) должен быть запущен.

Процедура получения лицензии:

- Получите регистрационную информацию с Менеджера лицензий через [Пре-Постпроцессор](#), [Терминал](#) или [утилиту FvLicenseUtil](#)
- Перешлите регистрационный файл в службу поддержки (license@flowvision.ru)
- Получите от службы поддержки лицензионный файл и информационный файл,
- Зарегистрируйте лицензионный файл на Менеджере лицензий в [Пре-Постпроцессоре](#), [Терминале](#), или через [утилиту FvLicenseUtil](#)

В процессе дальнейшей работы пользователь может получить с Менеджера лицензий информацию о состоянии своей лицензии. Эта информация отображается в окне [Информация о лицензиях](#). Эта информация доступна только в период действия данной лицензии.

Примечание:

На одно лицензионное имя может быть зарегистрировано несколько лицензий.

4.1.5.1 Информация о лицензии

Окно **Информация о лицензии** содержит информацию о сроках действия лицензий, типе лицензий и количестве лицензий на определенные модули, выданных на указанное ранее Лицензионное имя

Окно **Информация о лицензии:**

Версия	Версия FlowVision (2 или 3)
Действительна до	Срок действия лицензии
Тех. поддержка до	Срок действия технической поддержки лицензии
License type	Тип лицензии: Standard - Индустриальный Academic - Академический
PrePostProcessor	Общее и доступное количество лицензий на Пре-Постпроцессор
BasicCapabilitySolver	Общее и доступное количество лицензий на базовые возможности Солвера
StandardTurbulenceModels	Общее и доступное количество лицензий на модели турбулентности
VOF	Общее и доступное количество лицензий на моделирование многофазных течений
MovingBodies	Общее и доступное количество лицензий на подвижные тела
GapModel	Общее и доступное количество лицензий на модель зазора
ParallelComputing	Общее и доступное количество лицензий на запуск в многопроцессорном режиме
MultiPhysicsManager	Общее и доступное количество лицензий на МРМенеджер
MeshFileImport	Общее и доступное количество лицензий на импорт геометрии в формате MESH (внутренний формат)
ABAQUSImport	Общее и доступное количество лицензий на импорт геометрии в формате INP (формат Abaqus)
NASTRANImport	Общее и доступное количество лицензий на импорт геометрии в формате DAT (формат Nastran)

ANSYSImport Общее и доступное количество лицензий на импорт геометрии в формате CDB (формат Ansys)

4.1.5.2 Лицензирование в Пре-Постпроцессоре

В Пре-Постпроцессоре управление лицензиями осуществляется с помощью команд меню **Файл**→**Лицензии**:

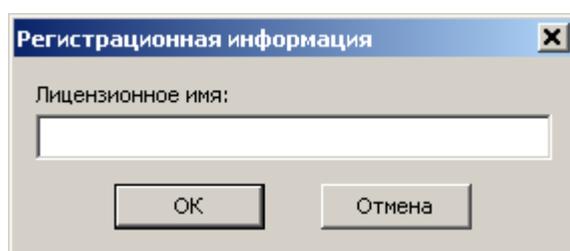
[Получение регистрационной информации...](#)

[Регистрация новой лицензии...](#)

[Информация о лицензиях... □](#)

4.1.5.2.1 Получение регистрационной информации

- Убедитесь, что Менеджер лицензий работает
- Для использования лицензии, привязанной к аппаратному ключу:
 - Установите драйвер аппаратного ключа, запустив *SSD-5.41.1-w32.exe*,
 - Вставьте аппаратный ключ в USB порт машины, на которой установлен Менеджер лицензий .
- Выберите пункт меню **Файл**→**Лицензии**→**Получение регистрационной информации**
- В появившемся диалоге укажите Лицензионное имя



После нажатия на **Ок** у Менеджера лицензий будет запрошена лицензионная информация.

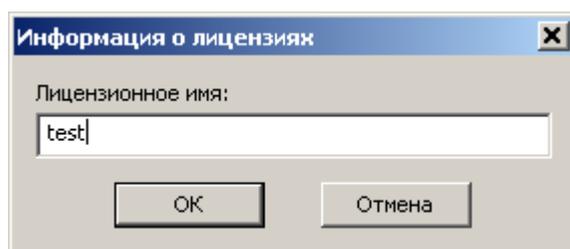
- Сохраните регистрационную информацию регистрационный файл (.RDB).

4.1.5.2.2 Регистрация новой лицензии

- Убедитесь, что Менеджер лицензий работает
- Для регистрации лицензии, привязанной к аппаратному ключу, вставьте аппаратный ключ в USB порт машины, на которой установлен Менеджер лицензий.
- Выберите пункт меню **Файл**→**Лицензии**→**Регистрация новой лицензии**
- В появившемся окне **Открыть** укажите Лицензионный файл. В случае успешной регистрации появится сообщение о том, что лицензия успешно зарегистрирована.
- В случае возникновения ошибки зафиксируйте код ошибки (он будет содержаться в сообщении об ошибке) и обратитесь в службу поддержки.

4.1.5.2.3 Получение информации о лицензиях

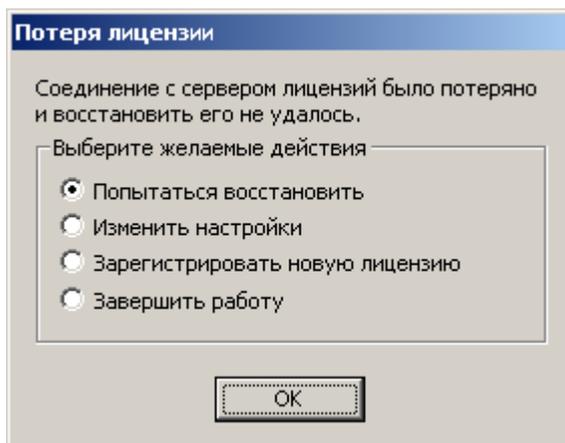
- Убедитесь, что Менеджер лицензий работает
- Для получения информации о лицензии, привязанной к аппаратному ключу, вставьте аппаратный ключ в USB порт машины, на которой установлен Менеджер лицензий.
- Выберите пункт меню **Файл**→**Лицензии**→**Информация о лицензиях**
- В появившемся окне **Информация о лицензиях** укажите лицензионное имя, для которого запрашивается информация.



После ввода имени на экране появится окно [Информация о лицензиях](#).

4.1.5.2.4 Ошибки при запросе лицензии

Ошибка соединения с Менеджером лицензий

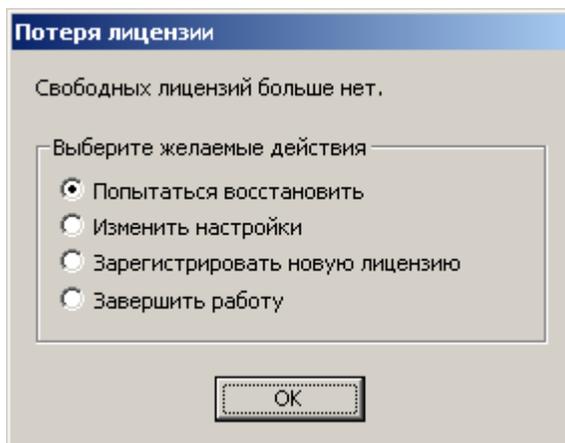


Появление этого сообщения означает, что потеряно соединение с Менеджером лицензий.

При появлении этого сообщения пользователю рекомендуется выполнить следующие действия:

- проверить запущен ли Менеджер лицензий и после перезапуска Менеджера лицензий восстановить соединение с ним (пункт **Попытаться восстановить**);
- проверить сетевое соединение с компьютером, на котором установлен Менеджер лицензий, и после восстановления сетевого соединения восстановить соединение с Менеджером лицензий (пункт **Попытаться восстановить**);
- при необходимости настроить соединение с другим Менеджером лицензий (пункт **Изменить настройки**).

Ошибка получения лицензии



Появление этого сообщения означает, что отсутствуют свободные лицензии.

При появлении этого сообщения пользователю рекомендуется выполнить следующие действия:

- проверить срок действия лицензии,
- проверить количество доступных в данный момент лицензий на ПреПостПроцессор.

4.1.5.3 Лицензирование в Терминале

В Терминале управление лицензиями осуществляется с помощью команд меню **Лицензии**:

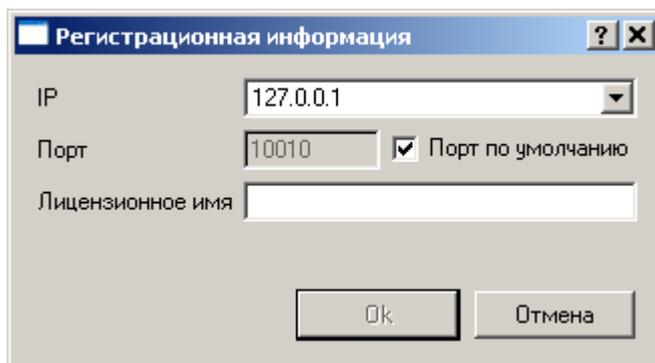
[Получение регистрационной информации...](#)

[Регистрация новой лицензии...](#)

[Информация о лицензиях...](#) □

4.1.5.3.1 Получение регистрационной информации

- Убедитесь, что Менеджер лицензий работает.
- Для использования лицензии, привязанной к аппаратному ключу:
 - Установите драйвер аппаратного ключа, запустив *SSD-5.41.1-w32.exe*,
 - Вставьте аппаратный ключ в USB порт машины, на которой установлен Менеджер лицензий.
- Выберите пункт меню **Получение регистрационной информации**
- Укажите в появившемся диалоге
 - IP-адрес машины, на которой установлен соответствующий Менеджер лицензий,
 - Порт, по которому осуществляется связь с Менеджером лицензий (рекомендуется использовать порт по умолчанию),
 - Лицензионное имя

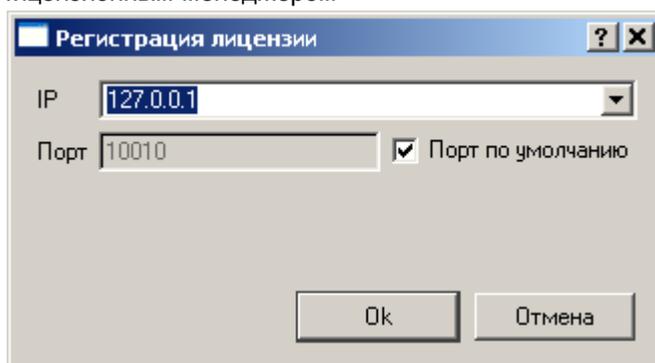


Введенные значения запоминаются. После нажатия на **Ok** у Менеджера лицензий будет запрошена лицензионная информация.

- Сохраните регистрационную информацию регистрационный файл (.RDB).

4.1.5.3.2 Регистрация новой лицензии

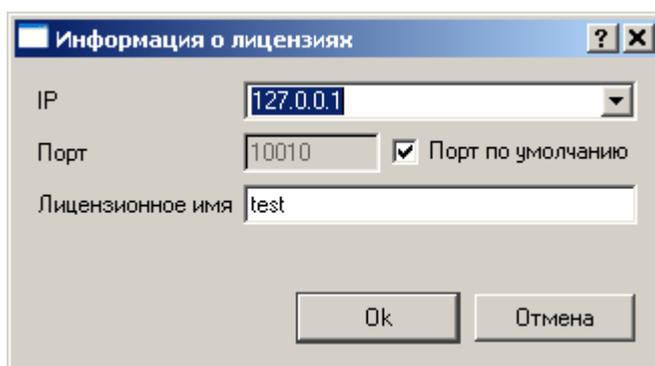
- Убедитесь, что Менеджер лицензий работает
- Для регистрации лицензии, привязанной к аппаратному ключу, вставьте аппаратный ключ в USB порт машины, на которой установлен Менеджер лицензий.
- Выберите пункт меню **Лицензии** → **Регистрация новой лицензии**
- В появившемся окне **Регистрация лицензии** укажите
 - IP - машины, на которой установлен Лицензионный менеджер
 - Порт для связи с Лицензионным менеджером



- В появившемся окне укажите Лицензионный файл. В случае успешной регистрации появится сообщение о том, что лицензия успешно зарегистрирована.
- В случае возникновения ошибки зафиксируйте код ошибки (он будет содержаться в сообщении об ошибке) и обратитесь в службу поддержки.

4.1.5.3.3 Получение информации о лицензиях

- Убедитесь, что Менеджер лицензий работает
- Для регистрации лицензии, привязанной к аппаратному ключу, вставьте аппаратный ключ в USB порт машины, на которой установлен Менеджер лицензий.
- Выберите пункт меню **Лицензии** → **Информация о лицензиях**
- В появившемся окне **Информация о лицензиях** укажите:
 - IP - машины, на которой установлен Лицензионный менеджер
 - Порт для связи с Лицензионным менеджером
 - лицензионное имя, для которого запрашивается информация.



После ввода имени на экране появится окно с информацией о лицензиях, выданных на указанное лицензионное имя

4.1.5.4 Лицензирование посредством утилиты FvLicenseUtil

Управление лицензиями посредством утилиты **FvLicenseUtil** осуществляется в процессе запуска утилиты с разными ключами:

/R - [получение регистрационной информации](#)

/L - [регистрация новой лицензии](#)

/I - [получение информации о лицензиях](#)

4.1.5.4.1 Получение регистрационной информации

- Убедитесь, что Менеджер лицензий работает.
- Для использования лицензии, привязанной к аппаратному ключу:
 - Установите драйвер аппаратного ключа, запустив *SSD-5.41.1-w32.exe*,
 - Вставьте аппаратный ключ в USB порт машины, на которой установлен Менеджер лицензий.

• Запустите утилиту через командную строку со следующим синтаксисом:

```
FvLicenceUtil /R IP_ADDRESS PORT LICENSE_NAME
```

IP_ADDRESS IP-адрес машины, на которой установлен соответствующий Менеджер лицензий

PORT Порт, по которому осуществляется связь с Менеджером лицензий

LICENSE_NAME Лицензионное имя

FILE_NAME Имя регистрационного файла (.RDB)

После выполнения командной строки будет создан регистрационный файл с указанным именем (.RDB).

4.1.5.4.2 Регистрация новой лицензии

- Убедитесь, что Менеджер лицензий работает
- Для регистрации лицензии, привязанной к аппаратному ключу, вставьте аппаратный ключ в USB порт машины, на которой установлен Менеджер лицензий.
- Запустите утилиту через командную строку со следующим синтаксисом:


```
FvLicenceUtil /L IP_ADDRESS PORT FILE_NAME
```

IP_ADDRESS IP-адрес машины, на которой установлен соответствующий Менеджер лицензий

PORT Порт, по которому осуществляется связь с Менеджером лицензий

FILE_NAME Имя лицензионного файла (.LIC)
- В случае возникновения ошибки зафиксируйте код ошибки (он будет содержаться в сообщении об ошибке) и обратитесь в службу поддержки.

4.1.5.4.3 Получение информации о лицензиях

- Убедитесь, что Менеджер лицензий работает
- Для регистрации лицензии, привязанной к аппаратному ключу, вставьте аппаратный ключ в USB порт машины, на которой установлен Менеджер лицензий.
- Запустите утилиту через командную строку со следующим синтаксисом:

```
FvLicenceUtil /I IP_ADDRESS PORT LICENSE_NAME
```

IP_ADDRESS IP-адрес машины, на которой установлен соответствующий Менеджер лицензий

PORT Порт, по которому осуществляется связь с Менеджером лицензий

LICENSE_NAME Лицензионное имя

В результате выполнения командной строки в консольном окне появится информация о о лицензиях, выданных на указанное лицензионное имя.

4.1.5.5 Ошибки при работе с лицензиями

Ошибка	Возможные причины
ошибки при получении регистрационной информации:	
Не удалось установить соединение с Менеджером лицензий	1. Менеджер лицензий не запущен. 2. Не правильно указан адрес компьютера, на котором находится Менеджер лицензий. 3. Не правильно настроены сокетные соединения.
ошибки при регистрации лицензии:	
Не удалось установить соединение с Менеджером лицензий	1. Менеджер лицензий не запущен. 2. Не правильно указан адрес компьютера, на котором находится Менеджер лицензий. 3. Не правильно настроены сокетные соединения.
Неверный Local ID	1. Используется Local ID, полученный на другом компьютере. 2. С момента получения Local ID была заменена сетевая карта. 3. Не вставлен USB-ключ (при получении лицензии, привязанной к USB-ключу). 4. USB-ключ неисправен (при получении лицензии, привязанной к USB-ключу).
Крайний срок регистрации лицензии прошел	Прошел срок, указанный в текстовом файле, полученном от службы поддержки вместе с лицензионным ключом.

При возникновении проблем, связанных с USB-ключом:

1. Убедитесь в том, что аппаратный ключ вставлен в USB-порт компьютера
2. Если ключ вставлен, а проблемы остаются:
 - a. Перейдите в установочный каталог FlowVision на машине, где проинсталлирован Менеджер лицензий
 - b. В подкаталоге LicenseServer запустите утилиту HardKeyTest.exe. После запуска утилиты будет создан файл HardKeyTest.log.
 - c. Перешлите файл HardKeyTest.log в службу поддержки FlowVision вместе с описанием возникшей проблемы.

4.1.6 Регистрация нового пользователя

После установки **FlowVision** и получения лицензии необходимо зарегистрировать нового пользователя.

Регистрация пользователя производится на [Солвер-Агенте](#). Предварительно Солвер-Агент должен быть запущен.

Регистрацию нового пользователя можно проводить из Пре-Постпроцессора или Терминала.

[Диалог регистрации нового пользователя](#) вызывается из [окна авторизации](#) кнопкой **Новый...**

4.1.6.1 Авторизация пользователя

Авторизация пользователя - подключение к Солвер-Агенту, с использованием ранее созданного профиля пользователя

Окно Авторизации пользователя вызывается:

1. В Пре-Постпроцессоре посредством кнопки  панели инструментов Сеть
2. В Терминале автоматически при запуске или посредством команды меню **Пользователи** → **Авторизация**
3. В Модуле просмотра результатов автоматически при запуске или посредством кнопки 

Содержимое окна **Авторизации пользователя**:

IP	IP адрес или имя машины, на которой установлен Солвер-Агент (при авторизации из Терминала или Модуля просмотра результатов)
Порт	Порт Солвер Агента (при авторизации из Терминала или Модуля просмотра результатов)
Порт по умолчанию	Использовать порт по умолчанию (рекомендуется)
Имя пользователя	Имя пользователя, ранее зарегистрированного на Солвер-Агенте
Пароль	Пароль пользователя
Новый...	Зарегистрировать нового пользователя на Солвер-Агенте (при авторизации из Пре-Постпроцессора и Терминала)

Ok	Авторизоваться с указанными параметрами
Отмена	Закрыть окно Авторизации пользователя

4.1.6.2 Регистрация нового пользователя

Регистрация нового пользователя - создание нового профиля пользователя.

Регистрация пользователя вызывается из Пре-Постпроцессора или из Терминала из окна [Авторизации пользователя](#) посредством кнопки Новый

Окно **Регистрация пользователя**:

Имя пользователя	Имя, которое будет использоваться для авторизации пользователя на Солвер-Агенте.
Пароль	Пароль, который будет использоваться для авторизации пользователя на Солвер-Агенте.
Подтверждение пароля	Повторите Пароль еще раз
Серверная директория	Полный путь к Серверной директории пользователя на машине, на которой установлены Солвер и Солвер-Агент. ¹
Лицензионное имя	Лицензионное имя ²
Лицензионный пароль	Лицензионный пароль

Примечания:

¹ Возможно указание нескольких директорий через точку с запятой.

² Можно зарегистрировать несколько пользователей, использующих одно лицензионное имя. Если несколько пользователей одновременно используют одно лицензионное имя, то каждый из них "захватывает" некоторое количество лицензий из их общего числа.

4.1.7 Типовые конфигурации

В данной главе будут рассмотрены следующие типовые ситуации:

- [Проведение расчета на клиентской машине \(возможно только для Windows\)](#)
- [Проведение расчета на машине, имеющей связь с клиентскими машинами](#)
- [Проведение расчета на машине, не имеющей связь с клиентскими машинами](#)
- [Проведение расчета на кластере, имеющем связь с клиентскими машинами](#)
- [Проведение расчета на кластере, не имеющем связь с клиентскими машинами](#)
- [Проведение расчета на кластере, не имеющем связь с клиентскими машинами и не имеющем пользовательского интерфейса](#)

4.1.7.1 Проведение расчетов на пользовательской машине



Установка

Установите на машину все модули **FlowVision**.

При этом все сетевые соединения настраиваются автоматически.

Настройка

- [Определите директории](#) для пользовательских и временных файлов на машине для каждого компонента **FlowVision** до первого его запуска.

Лицензирование

- Запустите Менеджер Лицензий (в Диспетчере Задач появляется *FvLicense*).
- Получите и зарегистрируйте [лицензию](#).

Регистрация

1. Запустите Солвер-Агент (в Диспетчере Задач появляется *FvSolverAgent*).
2. [Зарегистрируйте пользователя](#) на Солвер-Агенте.

Подготовка проекта

1. Запустите Менеджер лицензий.
2. Запустите Пре-Постпроцессор. Создайте новый проект или откройте существующий.
3. Запустите Солвер-Агент. Загрузите проект на солвер.

Запуск на расчет

1. Запустите Менеджер лицензий.
2. Запустите Солвер-Агент.
3. Загрузите проект на солвер из Пре-Постпроцессора или Терминала. Запустите проект на расчет.

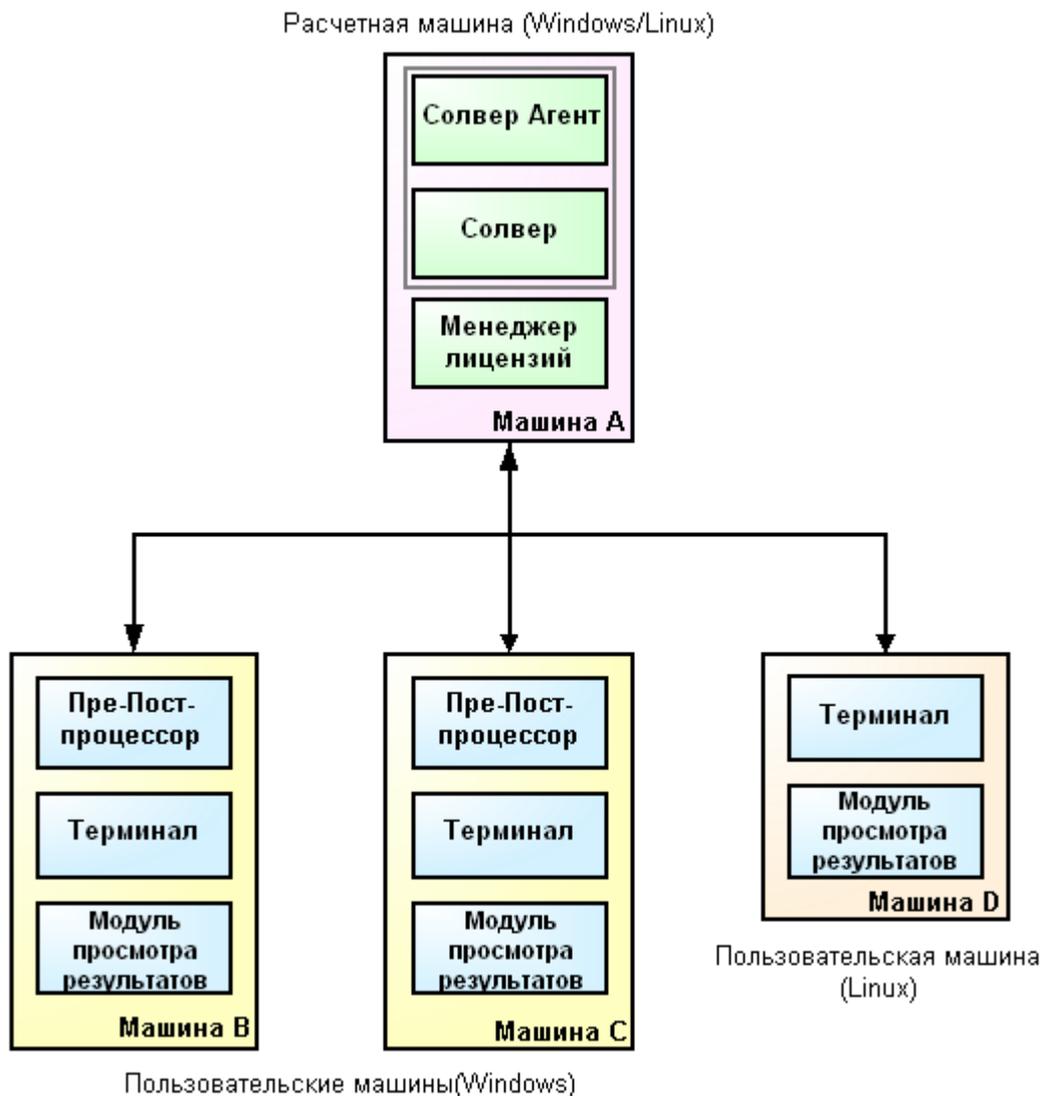
Отображение результатов

1. Запустите Менеджер лицензий.
2. Запустите Солвер-Агент.
3. Отображение в Пре-Постпроцессоре:
 - a. Откройте проект в Пре-Постпроцессоре и загрузите его на солвер.
4. Отображение в Модуле просмотра результатов
 - a. Загрузите проект на солвер посредством Терминала.
 - b. В Модуле просмотра результатов подключитесь к солверу, на который загружен проект.

Примечания:

1. Очередность запуска компонентов **FlowVision** (*FvSolverAgent.exe*, *FvLicense.exe*, *FvTerminal.exe*, *FvPPP.exe*, *FvViewer.exe*) – произвольная.
2. Информацию о пользователях, проектах, и лицензиях, имеющихся на данном компьютере, можно получить в Терминале или Пре-Постпроцессоре.
3. При первом запуске Пре-Постпроцессора надо будет ввести Лицензионное имя. Также вы можете задать Лицензионное имя в меню **Файл**→**Предустановки**. Больше Лицензионное имя задавать не потребуется

4.1.7.2 Наличие связи по сети между пользовательской и расчетной машиной



Установка

На расчетный компьютер **A** устанавливаются:

1. Солвер и Солвер-Агент,
2. Менеджер Лицензий.

На каждый пользовательский компьютер (**B**, **C**, **D**) устанавливаются:

1. Пре-Постпроцессор (только на Windows-компьютеры **B** и **C**),
2. Терминал,
3. Модуль просмотра результатов.

В ходе установки компонентов на пользовательские Windows-машины (**B** и **C**) необходимо указать IP-адрес или сетевое имя машины **A** (на котором установлен Менеджер Лицензий и Солвер-Агент). Эта информация будет записана в шаблоны конфигурационных файлов.

Настройка

1. На каждой машины повторите процедуру настройки, описанную для [Проведение расчетов на пользовательской машине](#)

Лицензирование

1. Запустите Менеджер Лицензий на машине **A**.
2. Получите и зарегистрируйте [лицензию](#) на любой из пользовательских машин (**B**, **C**, **D**) с помощью Терминала или Пре-Постпроцессора.

Регистрация

1. Запустите Солвер-Агент на машине **A**.
2. На любой из пользовательских машин (**B, C, D**) [зарегистрируйте пользователя](#) на Солвер-Агенте с помощью Терминала или Пре-Постпроцессора.

Подготовка проекта

1. Запустите Менеджер лицензий на машине **A**.
2. На любой из пользовательских Windows-машин (**B** и **C**) в Пре-Постпроцессоре создайте новый проект или откройте существующий.
3. Запустите Солвер Агент на машине **A**.
4. Загрузите проект на солвер.

Запуск на расчет

1. Запустите Менеджер лицензий на машине **A**.
2. Запустите Солвер Агент на машине **A**.
3. Загрузите проект на Солвер (из Пре-Постпроцессора или Терминала) с любой пользовательской машины (**B, C, D**).. Запустите проект на расчет.

Отображение результатов

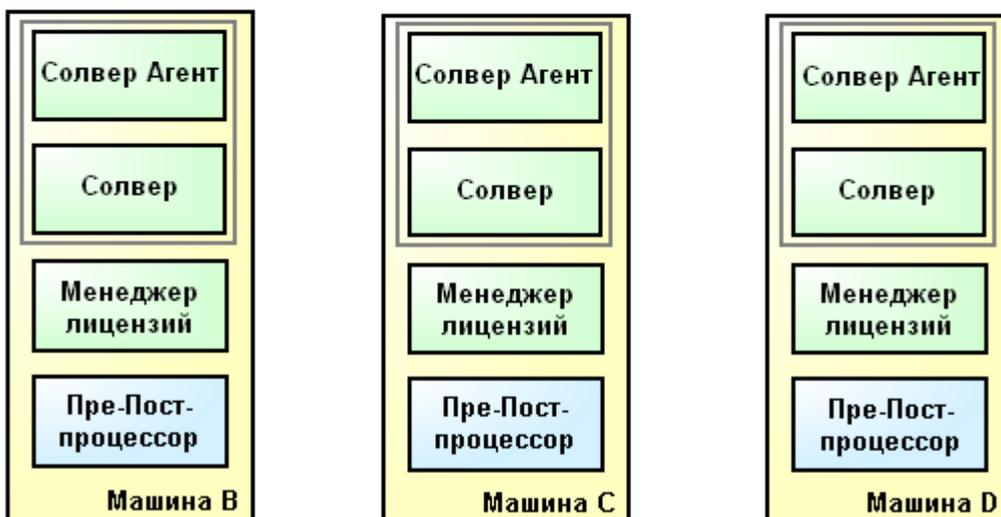
1. Запустите Менеджер лицензий на машине **A**.
2. Запустите Солвер-Агент на машине **A**.
3. Отображение в Пре-Постпроцессоре:
 - a. Откройте проект в Пре-Постпроцессоре и загрузите его на солвер.
4. Отображение в Модуле просмотра результатов
 - a. Загрузите проект на солвер посредством Терминала.
 - b. В Модуле просмотра результатов подключитесь к солверу, на который загружен проект

Примечания:

1. Менеджер Лицензий может быть установлен на отдельный компьютер, доступный по сети остальным компьютерам. В этом случае на компьютерах **A, B, C** необходимо указать адрес компьютера, на котором установлен Менеджер Лицензий. На Windows-машинах это можно сделать в процессе [инсталляции](#). На Linux-машинах это необходимо сделать после инсталляции в процессе [настройки](#).
2. См. Примечания при [Проведении расчетов на пользовательской машине](#).

4.1.7.3 Отсутствие связи по сети между пользовательской и расчетной машиной

Расчетная машина (Windows/Linux)



Пользовательские машины(Windows)

Установка

На расчетный компьютер **А** устанавливаются:

1. Солвер и Солвер-Агент,
2. Менеджер Лицензий,
3. Терминал,
4. Модуль просмотра результатов.

На каждый пользовательский компьютер (**В, С, D**) устанавливаются:

1. Менеджер Лицензий,
2. Солвер и Солвер-Агент,
3. Пре-Постпроцессор.

При инсталляции на Windows-компьютерах автоматически настраиваются все сетевые соединения.

Настройка

1. На каждой машины повторите процедуру настройки, описанную для [Проведение расчетов на](#)

[пользовательской машине](#)**Лицензирование**

1. На каждой машине запустите Менеджер Лицензий.
1. На каждой машине получите и зарегистрируйте [лицензию](#) с помощью Терминала (A) или Пре-Постпроцессора (B, C, D). Количество лицензий должно соответствовать количеству отдельных компьютеров!

Регистрация

1. На каждой машине запустите Солвер-Агент
2. На каждой машине [зарегистрируйте пользователя](#) на Солвер-Агенте с помощью Терминала (A) или Пре-Постпроцессора (B, C, D).

Подготовка проекта

1. На одной и пользовательских машин (B, C, D) выполните действия, описанные для случая [Проведения расчетов на пользовательской машине](#).
2. Скопируйте серверную часть проекта из [Серверной директории](#) на пользовательской машине (B, C или D) в серверную директорию на расчетной машине (A).

Запуск на расчет

1. Запустите Менеджер лицензий на расчетной машине (A).
2. Запустите Солвер-Агент на расчетной машине (A).
3. Запустите проект на расчет из Терминала.

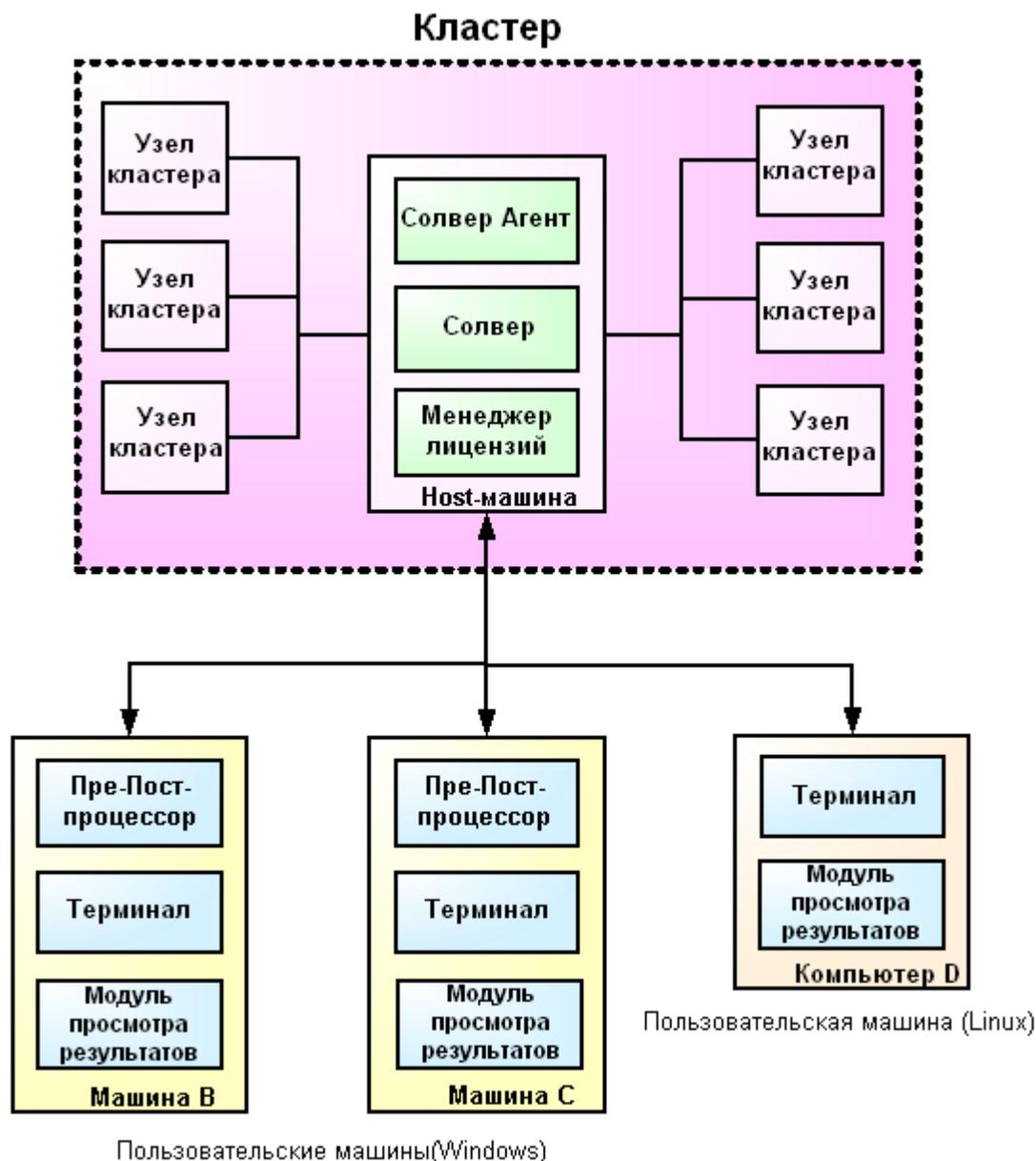
Отображение результатов

1. Отображение в Пре-Постпроцессоре:
 - a. Скопируйте серверную часть проекта из [Серверной директории](#) на расчетной машине (A) в серверную директорию на пользовательскую машину (B, C или D).
 - b. Запустите Менеджер лицензий на пользовательской машине, куда был скопирован проект.
 - c. Запустите Солвер-Агент на пользовательской машине, куда был скопирован проект.
 - d. Откройте проект в Пре-Постпроцессоре и подключитесь к солверу.
2. Отображение в Модуле просмотра результатов:
 - a. Запустите Менеджер лицензий на расчетной машине (A)
 - b. Запустите Солвер-Агент на расчетной машине (A)
 - c. Загрузите проект на солвер и Терминала
 - d. Подключитесь к солверу, на который загружен проект.

Примечания:

1. См. Примечания при [Проведении расчетов на пользовательской машине](#).

4.1.7.4 Наличие связи между пользовательской машиной и кластером



Установка

На Host-компьютере кластера инсталлируются:

1. Солвер и Солвер-Агент,
2. Менеджер лицензий.
3. MPI

На каждом узле кластера инсталлируются:

1. Системные библиотеки (для Windows-кластера)
2. MPI

На каждом пользовательском компьютере (В, С, D) инсталлируются:

1. Пре-Постпроцессор (только на Windows-машинах В, С),
2. Терминал,
3. Модуль просмотра результатов

В процессе инсталляции на пользовательские Windows-машины (В и С) укажите IP-адрес или сетевое имя компьютера А (на котором установлен Менеджер Лицензий и Солвер-Агент). Эта информация будет записана в шаблоны конфигурационных файлов.

Настройка

1. Откройте доступ к [инсталляционной директории FlowVision](#) на host-машине для всех узлов кластера.

2. Задайте [директории](#) для [пользовательских и временных файлов](#), на клиентских машинах и на host-машине кластера для каждого компонента **FlowVision** до первого его запуска. На кластере задайте абсолютный сетевой путь к директориям пользовательских и временных файлов компонентов, установленных на host-машине кластера. Для всех узлов кластера откройте доступ к этим директориям на чтение и запись.
3. В CFT-файла Солвер-Агента во всех [командных строках](#) задайте абсолютный сетевой путь к machinefile, pwdfile и Солверу .
4. В CFT-файле Солвера задайте IP host-машины для соединения с Солвер-Агентом и Менеджером лицензий. Если планируется использование Пре-Постпроцессора или Модуля просмотра результатов, необходимо в качестве адреса задать внешний IP host-машины и обеспечить возможность подключения к узлам кластера с клиентских машин.

Лицензирование

1. Запустите Менеджер Лицензий на Host-машине кластера.
2. Получите и зарегистрируйте [лицензию](#) на кластере с помощью Терминала или Пре-Постпроцессора.

Регистрация

1. Запустите Солвер-Агент на Host-машине кластера.
2. [Зарегистрируйте пользователя](#) на Солвер-Агенте с помощью Терминала или Пре-Постпроцессора. Задайте абсолютный сетевой путь к [серверной директории](#). Откройте доступ к ней со всех узлов кластера на чтение и запись.

Подготовка проекта

См. случай [Наличия связи по сети между пользовательской и расчетной машиной](#)

Запуск на расчет

См. случай [Наличия связи по сети между пользовательской и расчетной машиной](#) с учетом конфигурации кластера (наличия системы очередей и пр.)

Отображение результатов

См. случай [Наличия связи по сети между пользовательской и расчетной машиной](#)

4.1.7.5 Отсутствие связи между пользовательской машиной и кластером

Установка

На Host-компьютере кластера установите:

1. Солвер и Солвер-Агент,
2. Менеджер лицензий.
3. Терминал.
4. Модуль просмотра результатов
5. MPI

На каждом узле кластера установите:

1. Системные библиотеки (для Windows-кластера)
2. MPI

На каждом пользовательском компьютере (**B, C, D**) установите:

1. Пре-Постпроцессор
2. Солвер и Солвер-Агент
3. Менеджер лицензий

Настройка

1. Настройку на кластере см. [Наличие связи между пользовательской машиной и кластером](#).
2. Настройку на пользовательских машинах см. [Проведение расчетов на пользовательской машине](#)

Лицензирование

См. [Отсутствие связи между пользовательской и расчетной машиной](#).

Регистрация

См. [Отсутствие связи между пользовательской и расчетной машиной](#).

Подготовка проекта

См. случай [Отсутствие связи между пользовательской и расчетной машиной](#)

Запуск на расчет

См. случай [Отсутствие связи между пользовательской и расчетной машиной](#) с учетом конфигурации кластера (наличия системы очередей и пр.)

Отображение результатов

См. случай [Отсутствие связи между пользовательской и расчетной машиной](#)

4.1.7.6 Отсутствие связи между пользовательской машиной и кластером, отсутствие графического интерфейса на кластере**Установка**

На Host-компьютере кластера установите:

1. Солвер и Солвер-Агент,
2. Менеджер лицензий.
3. MPI
4. FvLicenseUtil

На каждом узле кластера установите:

1. MPI

На каждом пользовательском компьютере (**B, C, D**) установите:

1. Пре-Постпроцессор
2. Солвер и Солвер-Агент
3. Менеджер лицензий

Настройка

1. Настройку на кластере см. [Наличие связи между пользовательской машиной и кластером](#).
2. Настройку на пользовательских машинах см. [Проведение расчетов на пользовательской машине](#)

Лицензирование

1. Лицензирование на пользовательских машинах см. случай [Отсутствие связи между пользовательской и расчетной машиной](#)
2. Лицензирование на кластере:
 - a. Запустите Менеджер лицензий на кластере.
 - b. Зарегистрируйте лицензию [посредством утилиты FvLicenseUtil](#)

Регистрация

Регистрация пользователя на кластере без графического интерфейса не требуется.

Подготовка проекта

См. случай [Отсутствие связи между пользовательской и расчетной машиной](#)

Запуск на расчет

1. Запустите Менеджер лицензий.
2. Запустите проект на расчет посредством командной строки.

Отображение результатов

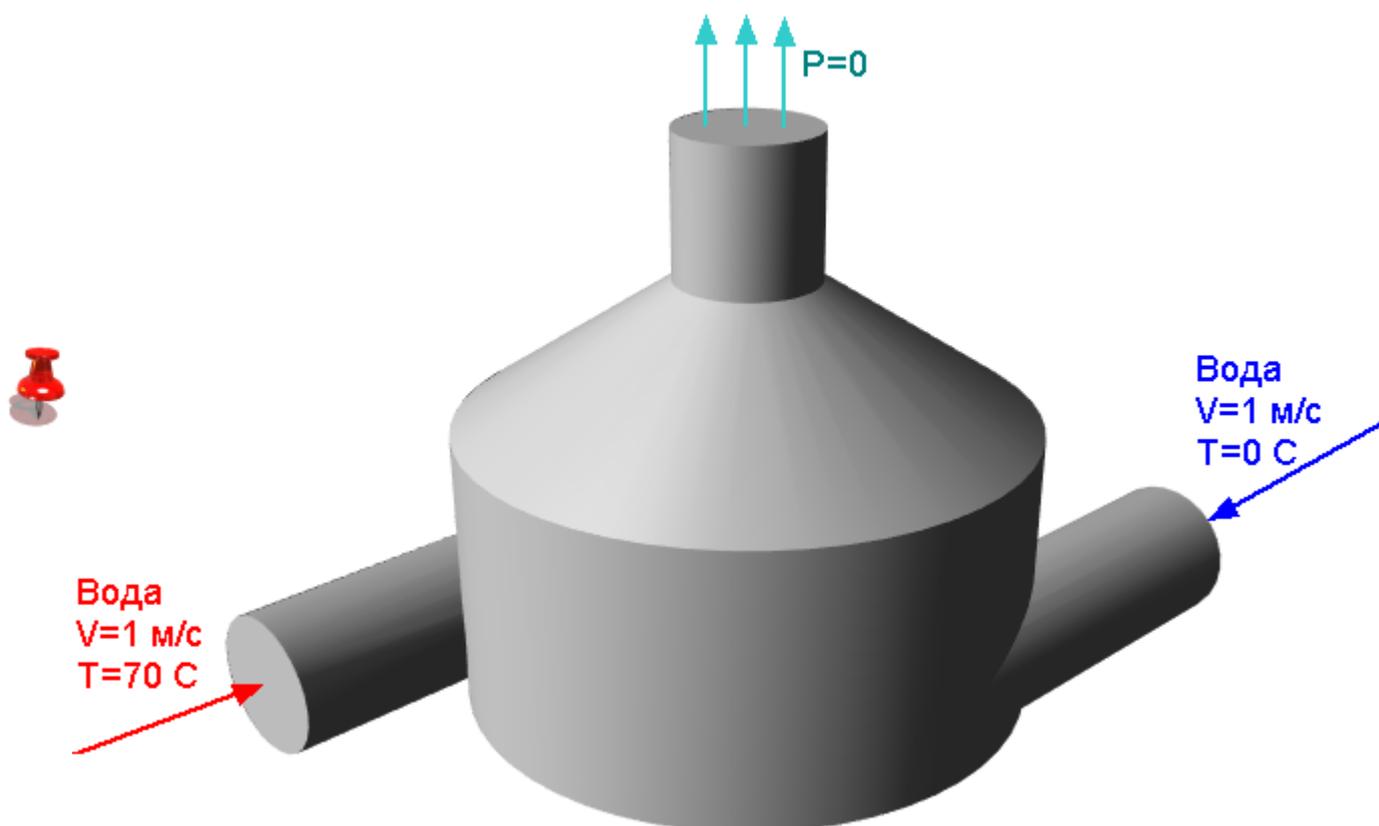
См. случай [Отсутствие связи между пользовательской и расчетной машиной](#)

4.2 Быстрый старт

Последовательность действий пользователя при работе с пакетом **FlowVision** состоит из следующих шагов:

1. [Загрузка геометрии.](#)
2. [Задание параметров задачи:](#)
 - a. [задание физических моделей](#)
 - b. [задание граничных условий](#)
 - c. [задание начальных условий](#)
 - d. [задание расчетной сетки](#)
3. [Задание параметров расчета:](#)
 - a. [задание шага по времени](#)
 - b. [задание параметров автосохранения](#)
 - c. [задание условий останова](#)
4. [Запуск на расчет](#)
5. [Отображение результатов:](#)
 - a. [создание характеристик](#)
 - b. [создание слоев](#)
 - c. [отображение динамики расчета во времени](#)

Рассмотрим последовательность действий пользователя на примере моделирования течения в смесителе.



4.2.1 Загрузка геометрии

Геометрия расчетной области создается вне программного комплекса **FlowVision** в системах геометрического моделирования.

Геометрия расчетной области должна удовлетворять следующим требованиям:

- объемы, составляющие геометрическую модель, должны быть замкнуты;
- объемы, составляющие геометрическую модель, должны быть вложены друг в друга и не пересекаться.

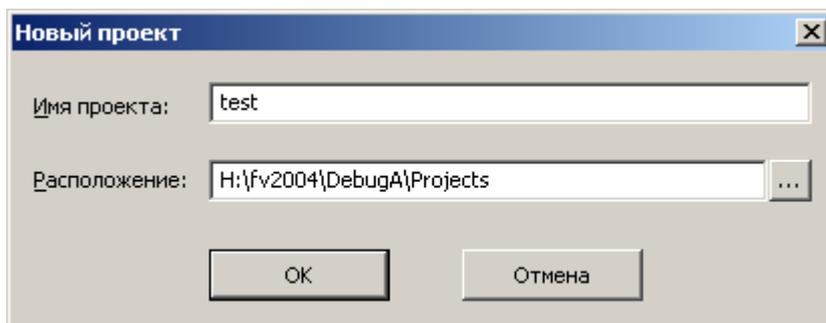
При загрузке геометрии автоматически создаются соответствующие объемы, которые по умолчанию называются **Подобласть #1**, **Подобласть #2** и т.д.

Геометрическая модель передается во **FlowVision** в одном из следующих стандартных форматов:

- поверхностная сетка: **WRML**, **STL**, **MESH** (внутренний формат);
- объемная сетка, на основе которой во **FlowVision** строится соответствующая поверхностная сетка: **ANSYS**, **NASTRAN**, **ABAQUS**.

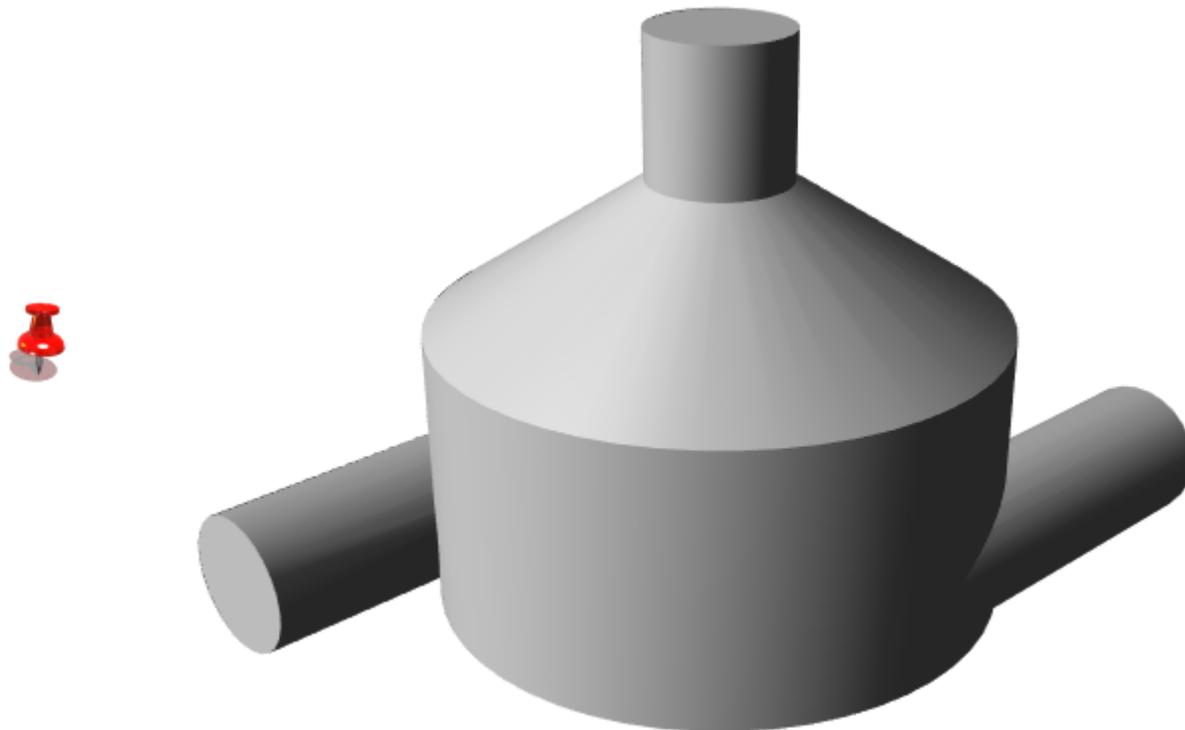
Загрузка геометрической модели во **FlowVision** осуществляется через меню **Файл**→**Создать...**, где в окне диалога выбирается соответствующий файл.

После загрузки геометрической модели пользователю предлагается задать имя проекта и указать расположение папки с файлами проекта.



После этого будет создана соответствующая папка с файлами варианта и в графическом окне **FlowVision** появится геометрическая модель, а в дереве Препроцессора появятся соответствующие объемы.

*Геометрия расчетной области находится в файле **mixer.wrl**.
Выберите этот файл в диалоге загрузки, вызываемом **Файл**→**Создать...***



4.2.2 Задание параметров задачи

Для того, чтобы задать параметры задачи, в Препроцессоре необходимо задать:

1. [Физические модели](#)
2. [Граничные условия](#)
3. [Начальные условия](#)
4. [Расчетную сетку](#)

4.2.2.1 Задание физических моделей

Физическая модель - совокупность фаз, веществ и физических процессов, заданных в фазах, и межфазных взаимодействий.

Задание физической модели течения включает в себя:

1. [Задание Веществ](#)
2. [Задание Фаз](#)
3. [Задание Модели](#)

4.2.2.1.1 Задание Веществ

Вещества создаются в дереве **Препроцессора** в папке [Вещества](#). Агрегатное состояние вещества задается в окне Свойства Вещества. Каждое Вещество имеет набор дочерних элементов, соответствующих физическим свойствам вещества. Значения физических свойств вещества задаются в окнах свойств соответствующих дочерних элементов. Параметры Вещества могут быть заданы вручную или загружены из [Базы данных](#). Количество веществ может быть от одного или более.

Для того, чтобы задать **Вещество**:

- Создайте **Вещество** в папке **Вещества**
- Задайте агрегатное состояние **Вещества**
- Задайте физические свойства **Вещества**

При моделировании течения в смесителе нам потребуется задать одно вещество – Воду.

- В контекстном меню папки **Вещества** дерева **Препроцессора** выберите **Создать**.
- В окне **Свойства Вещества #0** задайте Агрегатное состояние = **Жидкость**.
- В окнах соответствующих физических свойств вещества задайте:



Плотность	1000	кг/м ³
Вязкость	0.001	кг/(м·с)
Теплопроводность	0.6	Вт/(м·К)
Удельная теплоемкость	4217	Дж/(кг·К)

4.2.2.1.2 Задание Фаз

Фаза - совокупность веществ и моделируемых физических процессов.

Фазы задаются в дереве Препроцессора в папке [Фазы](#). В проекте должна быть как минимум одна фаза. Количество фаз не ограничено.

Для того, чтобы задать фазу:

- Создайте **Фазу** в папке **Фазы**
- Загрузите в **Фазу** заранее созданное **Вещество** (только одно)
- Задайте набор и параметры моделируемых физических процессов

При моделировании течения в смесителе необходимо задать одну фазу:

- В контекстном меню папки **Фазы** выберите **Создать непрерывную**
- В папку **Вещества** в **Фазе #0** добавьте **Вещество #0**
 - В контекстном меню папки **Фазы**→**Вещества** выберите **Добавить/Убрать**
 - В появившемся **Окне выбора** выберите **Вещество #0** и нажмите кнопку **Добавить**
- В **Физических процессах** в **Фазе #0** выберите:

Движение	Ньютоновская жидкость
Теплоперенос	Конвекция и теплопроводность
Турбулентность	Стандартная к-ε модель



4.2.2.1.3 Задание Модели

Модель - совокупность фаз и межфазных взаимодействий.

Модели создаются в дереве Препроцессора в папке [Модели](#). В проекте должна быть хотя бы одна модель. Количество моделей не ограничено.

Для того, чтобы задать **Модель**:

- Создайте **Модель** в папке **Модели**
- Загрузите заранее созданные **Фазы** в **Модель**
- Задайте **Межфазное взаимодействие** (если Фазы две)

При моделировании течения в смесителе необходимо задать одну Модель:



- В контекстном меню папки **Модели** выберите **Создать**
- В папку **Фазы** в **Модели #0** добавьте **Фазу #0**
 - В контекстном меню папки **Модель #0**→**Фазы** выберите **Добавить/Убрать**
 - В появившемся **Окне выбора** выберите **Фазу #0** и нажмите кнопку **Добавить**

4.2.2.2 Задание граничных условий

Граничное условие - условие, накладываемое на расчетные переменные на границах Подобласти. Граничные условия задаются в папке **Граничные условия** в соответствующей **Подобласти**.



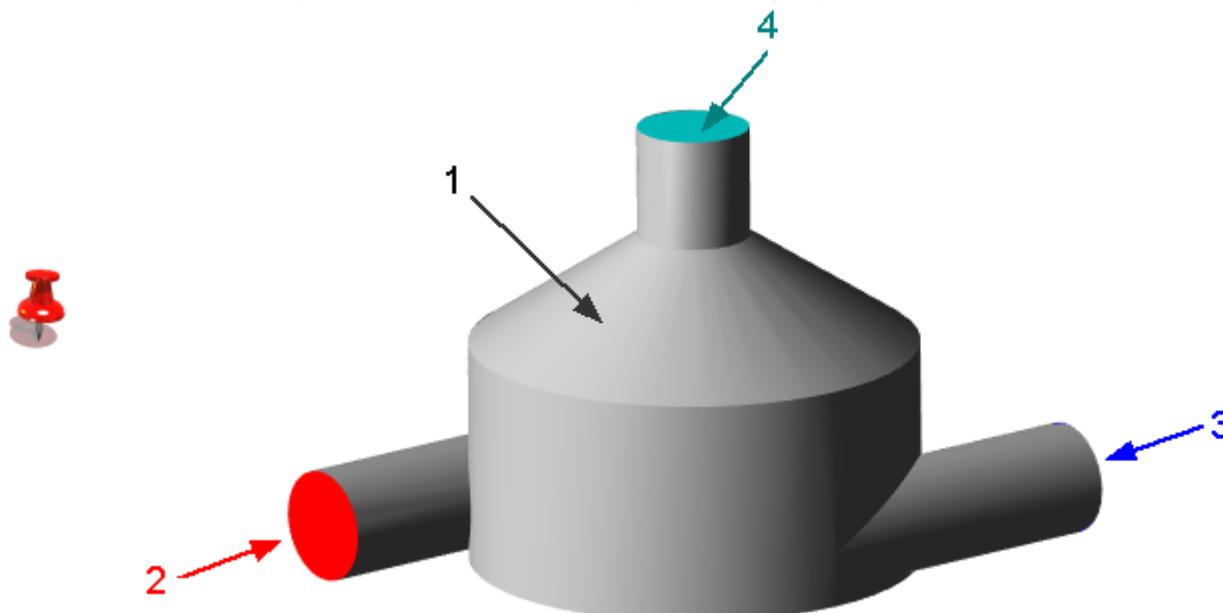
Перед заданием **Граничных условий** в окне свойств папки **Подобласть** необходимо выбрать предварительно заданную **Модель**.

Для того, чтобы задать Граничное условие:

- Создайте **Граничное условие #i** в папке **Граничные условия**.
- Установите **Граничное условие #i** на соответствующей поверхности.
 - Выберите режим  в панели инструментов **Режимы**
 - Выделите соответствующую поверхность в графическом окне
 - Выберите в контекстном меню поверхности **Граничное условие**→**Граничное условие #i**
- Задайте параметры **Граничного условия**:
 - Задайте тип граничного условия
 - Задайте типы условий на переменные
 - Задайте параметры условий на переменные.

При моделировании течения в смесителе необходимо задать четыре граничных условия: **Стенку**, **Вход для горячей воды**, **Вход для холодной воды** и **Выход**:

- Задайте в **Подобласти #0 Модель #0**
- В папке **Граничные условия** посредством контекстного меню создайте три граничных условия (одно уже создано по умолчанию)
- Расставьте граничные условия так, как указано на рисунке:



- Задайте параметры **Граничных условий**:

Граница 1

Тип = Стенка

Переменные

Скорость = Логарифмический закон

Температура = Нулевой поток

ТурбЭнергия = Значение в ячейке рядом со стенкой
 ТурбДиссипация = Значение в ячейке рядом со стенкой

Граница 2

Тип = Вход/Выход

Переменные

Скорость = Нормальная массовая скорость
 Значение = 1000 [кг м⁻² с⁻¹]
 Температура = Значение
 Значение = 70 [С]
 ТурбЭнергия = Пульсации
 Значение = 0
 ТурбДиссипация = Масштаб турбулентности
 Значение = 0 [М]

Граница 3

Тип = Вход/Выход

Переменные

Скорость = Нормальная массовая скорость
 Значение = 1000 [кг м⁻² с⁻¹]
 Температура = Значение
 Значение = 0 [С]
 ТурбЭнергия = Пульсации
 Значение = 0
 ТурбДиссипация = Масштаб турбулентности
 Значение = 0 [М]

Граница 4

Тип = Свободный выход

Переменные

Скорость = Давление
 Значение = 0 [Па]
 Температура = Нулевой поток
 ТурбЭнергия = Нулевой поток
 ТурбДиссипация = Нулевой поток

4.2.2.3 Задание начальных условий

Начальные условия – это поля значений расчетных переменных в заданном объекте начальный момент времени.

По умолчанию для всех переменных значения в начальный момент времени полагаются нулевыми.

Пользователь должен задавать начальные условия только в том случае, если он хочет начать расчет с ненулевых значений переменных.

Начальные условия задаются в **Подобласти**.



Перед заданием **Начальных условий** в окне свойств папки **Подобласть #i** необходимо выбрать предварительно заданную **Модель**.

Для того, чтобы задать **Начальные условия**

- Задайте в **Модели Начальные данные**:
 - Создайте **Начальные данные**¹
 - Задайте значения созданных **Начальных данных**
- Задайте **Объект**:
 - Создайте **Объект** для применения **Начальных условий** в папке **Объекты**²
 - Задайте параметры **Объекта**
- Задайте **Начальные условия**:

- Создайте **Начальные условия** в папке **Начальные условия** в **Подобласти**³
- Задайте параметры **Начальных условий**



При моделировании течения в смесителе задание начальных условий не требуется.

Примечания:

¹Одни Начальные данные всегда создаются в Модели по умолчанию.

²Объект Пространство всегда создается в папке Объекты по умолчанию.

³Одни Начальные условия, содержащие Начальные данные #0 и объект Пространство всегда создаются в Подобласти по умолчанию.

Задание ненулевых начальных условий полезно использовать для того, чтобы ускорить сходимость решения (например, в задачах внешнего обтекания удобно задавать начальное поле скорости, соответствующее скорости набегающего потока).

4.2.2.4 Задание расчетной сетки

Расчетная сетка - совокупность ячеек, на которые разбивается расчетная область. Значения переменных в пределах одной ячейки постоянны.

Задание **Расчетной сетки** включает в себя

- [Задание Начальной сетки](#)
- [Задание Адаптации](#)

При проведении адаптации рекомендуется придерживаться следующей последовательности действий:



- *вначале провести расчет на грубой сетке (с минимальными уровнями адаптации),*
- *затем назначить адаптацию сетки в требуемых местах расчетной области,*
- *после этого продолжить расчет на измельченной сетке.*

Такая последовательность действий позволяет сэкономить расчетное время и проверить сходимость по расчетной сетке.



В задаче о течении в трубе задается равномерная начальная сетка 10x20x50.

4.2.2.4.1 Задание Начальной сетки

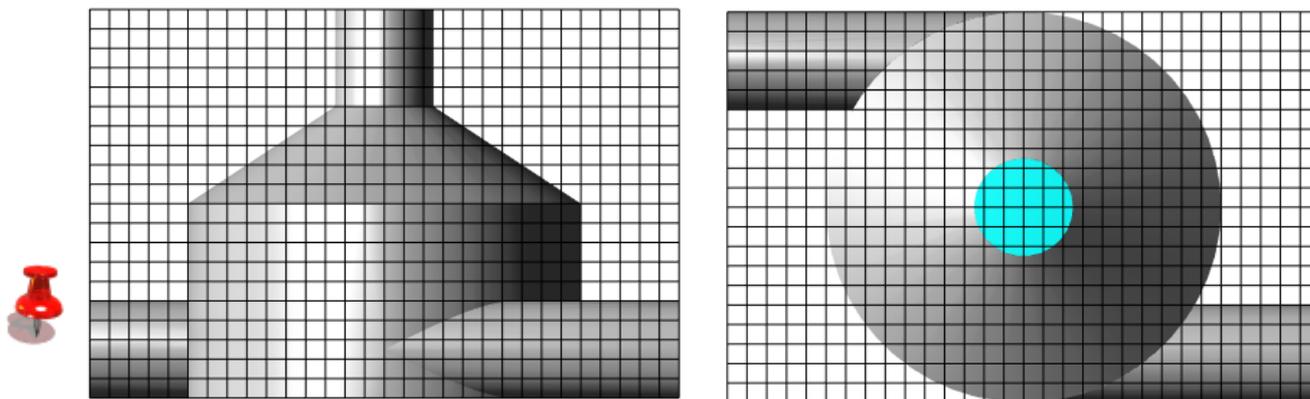
Начальная сетка задается в окне **Свойства Начальной сетки**.

Для того, чтобы задать равномерную Начальную сетку:

- В окне **Свойства Начальной сетки** задайте количество ячеек по каждому направлению в соответствующих элементах nX nY nZ

Для того, чтобы задать неравномерную Начальную сетку:

- В окне **Свойства Начальной сетки** вызовите один из Генераторов сетки:  
- В появившемся окне соответствующего Генератора задайте параметры сетки.



При моделировании течения в смесителе необходимо задать равномерную начальную сетку 20x20x30.

- В окне Свойства Начальной сетки задайте:
 - $nX = 20$
 - $nY = 20$
 - $nZ = 30$

4.2.2.4.2 Задание Адаптации

Адаптация - разбиение ячеек сетки по каждому направлению пополам заданное число раз.

Уровень адаптации - число последовательных разбиений ячеек сетки в

Адаптация может быть задана на **Граничном условии** или на **Объекте**.

Для того, чтобы провести Адаптацию на **Граничном условии**:

- В окне **Свойства Граничного условия** включите Адаптацию и задайте ее параметры

Для того, чтобы задать Адаптацию на **Объекте**:

- Задайте **Объект** в папке **Объекты**
- Создайте **Адаптацию** в папке **Адаптация** соответствующей **Подобласти**
- Задайте параметры **Адаптации**

При моделировании течения в смесителе необходимо задать адаптацию 1 уровня по поверхности граничного условия Стенка



- В окне свойства граничного условия Стенка задайте:

Адаптация	Да
Уровень	1
Слоев ячеек	2

4.2.3 Задание параметров расчета

Задание параметров расчета осуществляется на закладке Солвер

4.2.3.1 Задание шага по времени

Шаг по времени задается в окне Свойства [Шага по времени](#).

Шаг по времени можно задать:

1. Постоянным
2. Через Число Куранта-Фридрихса-Леви

Для того, чтобы задать шаг по времени, в окне Свойства Шага по Времени:

- Задайте способ, которым будет определяться шаг по времени.
- Задайте значения, необходимые для определения шага по времени выбранным способом.

2. [Итерации](#) - расчет останавливается через указанное число итераций
3. [Невязки](#) - расчет останавливается, когда все созданные невязки расчетных переменных становятся ниже указанного значения
4. [Пользовательские величины](#) - расчет останавливается, когда все созданные невязки пользовательских переменных становятся ниже указанного уровня.

График невязок расчетных переменных и значений пользовательских переменных отображается в окне [Мониторинга](#) на закладке [График](#).



При моделировании течения в смесителе задайте Отрезок времени
 Начало 0
 Останов 0.5

Примечание:

Задание условий останова не является необходимым для проведения расчета.

4.2.4 Запуск на расчет

Запуск на расчет производится после того, как в проекте заданы параметры задачи, параметры расчета и, желательно, параметры отображения результатов.

Запуск на расчет производится производится:

1. Из [Пре-Постпроцессора](#)
2. Из [Терминала](#)
3. Посредством [командной строки](#)

Способ запуска на расчет зависит от конфигурации системы.

Запустите проект на расчет из Пре-Постпроцессора:

- Авторизуйтесь на Солвер-Агенте:
 - Нажмите кнопку 
 - В появившемся окне задайте Имя и пароль пользователя на Солвер-Агенте
- Загрузите проект на солвер
 - Нажмите кнопку 
 - В появившемся окне задайте параметры запускаемого солвера
 - Запустите солвер
 - Выделите запущенный солвер и нажмите кнопку Подключиться
- Запустите солвер на расчет
 - Нажмите кнопку 
 - В появившемся окне Запуск на расчет уберите все метки
- При необходимости остановите расчет посредством кнопки 



4.2.5 Отображение результатов

Отображение результатов расчета осуществляется в Постпроцессоре посредством [Характеристик](#) и [Слоев](#). Условия, при которых возможно отображение, зависят от того, каким способом проводилось [сохранение результатов](#) (в виде данных или в виде слоев). Если результаты сохранялись с историей, то возможно [создание анимации](#) с отображением динамики решения во времени.

Элементы для отображения результатов следует выбирать в зависимости от типа отображаемых данных:

Тип данных	Название элемента
Интегральные величины:	
Значение переменной на поверхности и в объеме	Характеристики
Локальные величины:	

Локальные значения скалярной переменной вдоль линии	График вдоль прямой График вдоль кривой График вдоль эллипса
Локальные значения скалярной переменной на поверхности	Цветовые контуры
Локальные значения скалярной переменной в объеме	Изоповерхность
Локальные значения и направления векторной переменной на поверхности и в объеме	Векторы

Создание слоя и изменение его настроек может проводиться в любой момент

При проведении долговременных расчетов рекомендуется всегда отображать данные в процессе расчета, поскольку в этом случае пользователь получает возможность постоянного контроля над процессом сходимости решения и, если нужно, вмешаться в процесс расчета при возникновении численных неустойчивостей или несходимости решения. Иногда пользователь ошибается при задании варианта и большинство таких ошибок обнаруживаются на первых итерациях вычислительного алгоритма путем созерцания получаемого решения.

4.2.5.1 Создание характеристик

Характеристики задаются в папке **Характеристики** в **Препроцессоре** или **Постпроцессоре** на базе заранее созданного **Объекта**.

Для того, чтобы задать Характеристики:

- Создайте в Препроцессоре или Постпроцессоре Объект и задайте его свойства
- Создайте Характеристики на базе созданного Объекта

Для того, чтобы отобразить значение температуры на выходе из смесителя создайте Характеристики на Супергруппе с граничного условия Выход:

- Создайте на основе граничного условия Выход Супергруппу в Постпроцессоре
- Создайте Характеристики на Супергруппе
- В окне Свойства Характеристик задайте



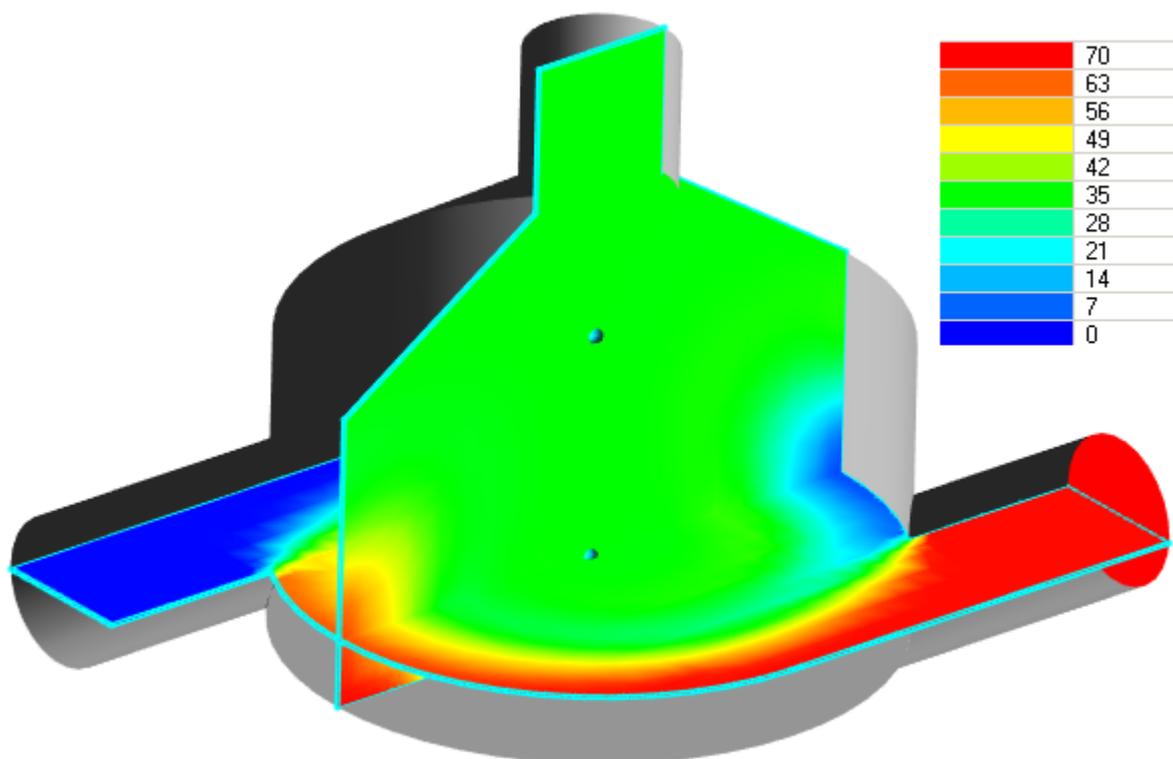
Характеристики
 Переменная
 Переменная Температура
 • Для того, чтобы сохранять динамику изменения Температуры в файл, перед началом расчета задайте:
 Сохранение в файл
 Режим Автоматический

4.2.5.2 Создание слоев

Слои задаются в папке **Слои** в **Постпроцессоре** на базе заранее созданного **Объекта**.

Для того, чтобы задать Характеристики:

- Создайте в Препроцессоре или Постпроцессоре Объект и задайте его свойства
- Создайте Характеристики на базе созданного Объекта



Для того, чтобы отобразить распределение температуры в смесителе в плоскости входов и в плоскости симметрии, задайте два слоя Цветовые контуры на соответствующих Плоскостях по переменной Температура:



- Создайте две Плоскости
- В окне свойств одной из Плоскостей задайте:

Объекты

Опорная точка

X	0
Y	0.005
Z	0

Нормаль

X	0
Y	1
Z	0

- В окне свойств другой Плоскости задайте:

Объекты

Опорная точка

X	0
Y	0.02
Z	0

Нормаль

X	1
Y	0
Z	0

- Создайте Цветовые контуры на обеих Плоскостях
- В окнах Свойств Цветовых Контуров задайте:

Переменная

Переменная	Температура
------------	-------------

- Для того, чтобы отображать Температуру в одинаковой шкале, на обоих слоях задайте:

Диапазон

Режим	Ручной
Максимум	70
Минимум	0

4.2.5.3 Создание анимации

Создание анимации возможно, если [результаты расчета \(данные или слои\) сохранялись с историей](#).

Для того, чтобы создать анимацию:

- Перед началом расчета задайте [сохранение результатов с историей](#)
- Создайте в Постпроцессоре необходимые слои¹
- Перейдите на первый шаг записи посредством кнопки 
- Включите последовательное сохранение изображений из графического окна в файл посредством кнопки 
- В появившемся окне укажите местоположение и название изображений
- Запустите последовательную загрузку сохраненных результатов посредством кнопки 
- Для того, чтобы приостановить последовательное сохранение изображений, используйте кнопку 
- Для того, чтобы остановить загрузку результатов, используйте кнопку 
- После окончания загрузки для того, чтобы остановить последовательную запись изображений, нажмите кнопку 
- Последовательность сохраненных изображений можно преобразовать в анимацию посредством сторонних графических программ (например, [GIF Movie Gear](#)).



Создайте анимацию с динамикой температуры в процессе расчета.

Примечание:

¹ На слоях рекомендуется задавать Диапазон = Ручной, для того, чтобы он не изменялся от шага к шагу.

4.3 Файлы проекта FlowVision

Проект пользователя имеет две части: *клиентскую* и *серверную*. *Клиентская часть* предназначена для работы с проектом в ПреПостпроцессоре, а *серверная часть* предназначена для расчета Солвером. Директории, где хранятся файлы *клиентской* и *серверной* частей, должны быть различными.

Клиентская директория - директория, где расположена клиентская часть проекта. Ее местоположение может быть любым и определяется пользователем.

Серверная директория - директория, где хранится серверная часть проекта. Ее местоположение указывается в данных пользователя на Солвер-Агенте.

Клиентская часть содержит только *входные данные проекта*, состоящие из:

- основной геометрии и геометрии импортированных объектов,
- входных данных для расчета (начальные и граничные условия, расчетная сетка, управляющие установки),
- параметров управления расчетом,
- сцены (параметры слоев визуализации),
- статуса и истории невязок.

Клиентская часть загружается в ПреПостпроцессор командой меню **Файл**→**Открыть**. Местоположение каталога с файлами *клиентской части* может быть любым и определяется пользователем.

Файлы *клиентской части* сохраняются в ПреПостпроцессоре (командой меню **Файл**→**Сохранить** или **Файл**→**Сохранить копию**).

Серверная часть содержит *входные данные проекта* и результаты расчетов. *Серверная часть* загружается на *сервер* соответствующей командой из ПреПостПроцессора, Терминала или командной строки.

Местоположение каталога с файлами *серверной части* указывается при регистрации пользователя на данном Солвер Агенте (**серверный каталог**). Для каждого пользователя этот каталог должна быть свой.

Файлы *серверной части* создаются автоматически при первой загрузке проекта на *сервер*. Кроме того, они могут быть скопированы вручную из другого каталога.

Файлы *солверной части* сохраняются:

- в ПреПостпроцессоре либо одновременно (командой меню **Файл**→**Сохранить на солвере**), либо автоматически-периодически через промежуток времени, указанный в окне свойств элемента **Автосохранение** на закладке **Управление**;
- в Терминале (командой **Проекты**→**Сохранить результаты расчета на солвере**).

Файлы проекта:

Расширение	Формат	Описание	Клиентская часть	Серверная часть
<i>FVPROJ</i>	XML	Файл проекта (идентификатор проекта, версии проекта, сцены и параметров расчета, информация о количестве и нумерации нестационарных шагов записи). ¹	+	+
<i>FVVIEW</i>	XML	Сцена	+	+
<i>FVRES</i>	binary	История невязок	+	+
<i>FVINP</i>	XML	Входные данные для расчета	+	+
<i>FVCTRL</i>	XML	Параметры управления расчетом и критериев останова	+	+
<i>FVGEOM</i>	binary	Основная геометрия	+	+
<i>FVGOBJ</i>	binary	Геометрии импортированных объектов	+	+
<i>FVBCS</i>	binary	Расстановка граничных условия на группах геометрии	+	+
<i>FVMIND</i>	binary	Индекс сетки ²	-	+
<i>FVMESH</i>	binary	Расчетная сетка и данные расчета ²	-	+
<i>FVSTAT</i>	XML	Файл статуса, в котором хранятся: информация о статусе расчета и текущее положение подвижных тел.	+	+
<i>FVVIS</i>	binary	Информация для визуализации характеристик и слоев без связи с солвером.	-	+
<i>GLO</i>	XML	Файл данных характеристик и слоев визуализации.	-	+

Расширение	Формат	Описание	Клиентская часть	Серверная часть
<i>LOG</i>	XML	Информационный файл (файл протокола), содержащий входные данные проекта и сообщения о работе солвера.	-	+
<i>ERR</i>	XML	Информационный файл, содержащий сообщения об ошибках солвера.	-	+
<i>BACKUP</i>	binary	Файл, содержащий информацию из <i>FVMESH</i> , <i>FVMIND</i> , <i>FVGOBJ</i> - файлов с предыдущих сохранений проекта	-	+

¹ Идентификатор проекта присваивается при создании проекта и сохранении копии проекта (из ПреПостпроцессор).

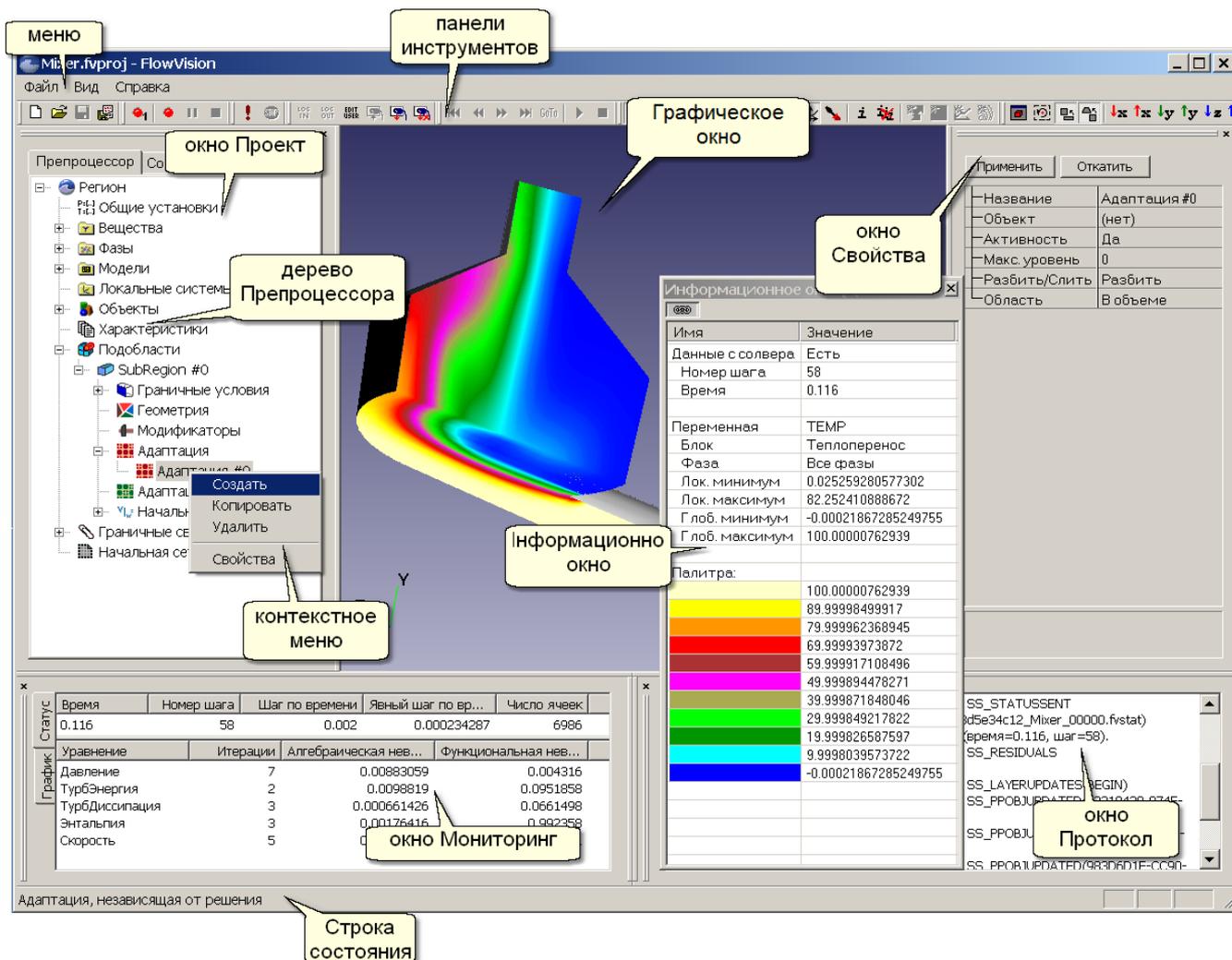
Версии в файле проекта изменяются:

- *клиентская* – при сохранении проекта:
 - если изменения произошли во входных данных, то изменяется версия входных данных,
 - если изменения произошли в сцене, то изменяется версия сцены,
- *серверная*:
 - при сохранении проекта, находясь на связи с Солвером,
 - при нестационарной записи.

при каждом сохранении проекта.

² Информация о расчетной сетке содержится в двух файлах: *FVMIND* и *FVMESH*. *FVMESH*-файл содержит расчетную сетку (в многопроцессорном режиме сетка для каждого процессора содержится в своем *FVMESH*-файле). *FVMIND*-файл содержит индексацию *mesh*-файлов (информацию о том, как расчетная сетка распределена между процессорами).

4.4 ПреПостпроцессор



ПреПостпроцессор предназначен для создания проекта, запуска проекта на расчет и отображения результатов.

Элементы ПреПостпроцессора:

1. **Меню**
2. **Панели инструментов**
3. **Графическое окно**
4. **Контекстное меню**
5. **Окно Свойства элемента**
6. **Окно выбора**
7. **Окно Проект**
8. **Окно Мониторинг**
9. **Окно Протокол**
10. **Строка состояния**

4.4.1 Команды меню

4.4.1.1 Меню Файл

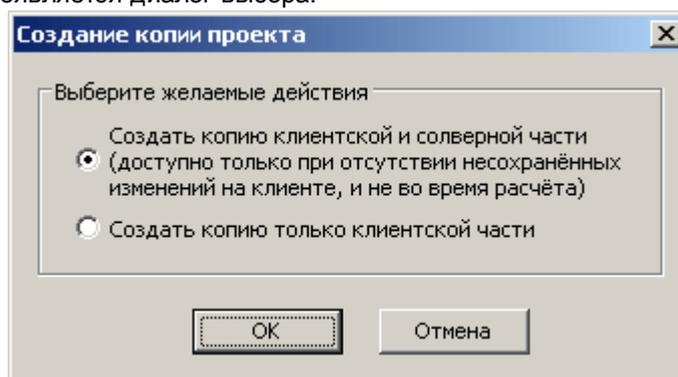
Меню **Файл** содержит команды для загрузки/сохранения проекта и загрузки/сохранения конфигурации.

Команда	Назначение	"Горячая" клавиша
Создать...	Создание нового проекта на базе одного файла геометрии	Ctrl+N
Создать сборку...	Создание нового проекта на базе нескольких файлов геометрии	

Команда	Назначение	"Горячая" клавиша
Открыть... ¹	Открытие существующего проекта	Ctrl+O
Открыть заново ¹	Заккрытие без сохранения и открытие с диска текущего варианта	
Загрузить данные для визуализации	Загрузить данные для визуализации из файла	
Закреть	Заккрытие варианта	
Сохранить	Сохранение клиентской части загруженного проекта в текущий клиентский каталог проекта. На связи с солвером это действие также выполняет отправку изменений на солвер и применение их там.	Ctrl+S
Сохранить выборочно ²	Сохранение клиентской (и серверной) части текущего проекта.	
Сохранить копию... ²	Сохранение клиентской (и серверной) части загруженного проекта в качестве нового проекта с новым именем (при этом в ПреПостпроцессоре остается загруженным текущий проект).	
Сохранить на солвере	Сохранение результатов расчета (серверной части проекта) в серверном каталоге. Это действие доступно только на связи с солвером.	
Скачать дополнительные файлы... ³	Скачивание дополнительных файлов из серверной части в клиентскую часть	
Языки	Переключение языка интерфейса (требуется перезапуск ПреПостпроцессора)	
Лицензии	Команды для работы с лицензиями	
Настройки...	Конфигурирование настроек	
Загрузить настройки...	Загрузка конфигурации из указанного <i>cfg</i> -файла	
Сохранить настройки...	Сохранение текущей конфигурации в указанный <i>cfg</i> -файл	
Текущий файл	Список последних загруженных файлов	
Выход	Выход из программы	

Примечания:

- ¹ Существующий проект также можно открыть из Проводника, перетащив в область графического окна папку с проектом или *FVPROJ*-файл проекта.
- ² В случае, когда проект содержит более одной записи [истории расчета](#):
 - на связи с солвером появляется диалог выбора:



Затем вызывается [диалог Выборочного удаления записей](#).

Если после последней передачи изменений на солвер во входных данных проекта произошли изменения, то доступно сохранение только клиентской части проекта.

- не на связи с солвером появляется диалог выбора:

	'Выключено' - масштабирование выключено
	'Автоматическое' - автоматическое масштабирование линий
Фактор	'Постоянное' - умножение толщины линий на постоянный коэффициент
	Коэффициент, на который домножается толщина линий (в режиме 'Постоянный')
Добавка	Постоянная добавка к толщине линий
Смещение уровней	Параметры, управляющие смещением Слоёв визуализации, построенных на одной поверхности
Величина	Постоянное расстояние между соседними слоями (измеряемое в специальных единицах от 0 до 100)
Фактор	Множитель для дополнительного смещения, являющегося функцией угла зрения
Пользовательские базы данных	
Путь	Задание локального пути к каталогу веществ пользовательской базы данных
Редактор формул	Параметры отображения элементов в редакторе формул
Подсветка синтаксиса	
Включена	Включение подсветки синтаксиса
Константы	Параметры шрифта констант
Цвет	Цвет шрифта
Полужирный	Использовать полужирный шрифт
Курсив	Использовать курсив
Подчеркнутый	Использовать подчеркнутый шрифт
Перечеркнутый	Использовать перечеркнутый шрифт
й	
Переменные	Параметры шрифта переменных
Аналог.	
Константы	
Функции	Параметры шрифта функций
Аналог.	
Константы	
Внешние функции	Параметры шрифта внешних функций
Аналог.	
Константы	
Операторы	Параметры шрифта операторов
Аналог.	
Константы	
Локальные выражения	Параметры шрифта локальных выражений
Аналог.	
Константы	
Комментарии	Параметры шрифта комментариев
Аналог.	
Константы	
Скобки	Параметры шрифта скобок
Аналог.	
Константы	
Разделители	Параметры шрифта разделителей
Аналог.	
Константы	
Ошибки	Параметры шрифта ошибок
Аналог.	
Константы	

4.4.1.1.3 Диалог выборочного удаления записей

Диалог **Выборочного удаления записей** доступен для проектов, содержащих более одной записи, сделанной в режиме включенной записи [истории расчета](#). Допускается удаление любой записи, но нельзя удалить все существующие записи (должна остаться хотя бы одна).

Окно диалога вызывается следующими [командами](#) меню **Файл**:

- **Сохранить выборочно**

Эта команда доступна только на связи с солвером и осуществляет выборочное удаление записей одновременно в клиентской и серверной частях.

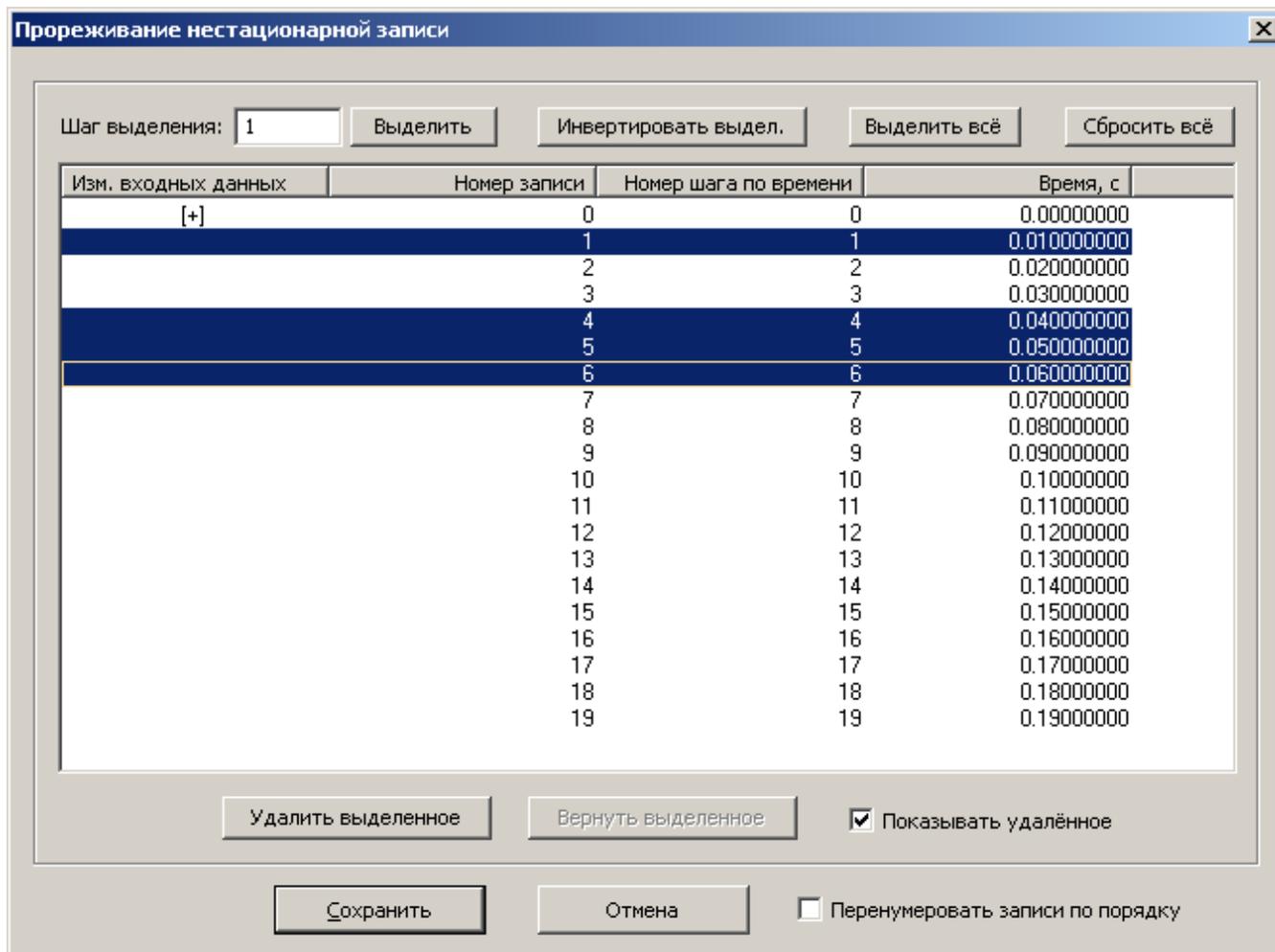
- **Сохранить копию**

Эта команда создает новый проект как копию существующего проекта, в котором выборочно удалены

некоторые записи, в текущем проекте при этом удаления записей не производится.

Если связь с солвером отсутствует, то данные действия касаются только клиентской части создаваемой копии проекта.

Если связь с солвером есть, то данные действия касаются и клиентской, и серверной частей создаваемой копии проекта.



В четырех колонках основного окна показан список существующих записей, составляющих историю расчета:

- **Изм. входных данных** содержит отметку, если на этой записи произошло изменение входных данных (если удаляется запись с такой пометкой, то ее входные данные назначаются следующей оставшейся записи).
- **Номер записи** отображает номер записи.
- **Номер шага по времени** отображает номер шага по времени.
- **Время, с** отображает время на этом шаге.

В этом списке можно выбирать удаляемые записи (списком и выборочно) с помощью мыши или клавишей управления курсором.

При выделении с помощью мыши работают следующие горячие клавиши:

- SHIFT+мышь – выделение списком,
- CTRL+мышь – выборочное выделение.

При выделении с помощью клавишей управления курсором работают следующие горячие клавиши:

- пробел – выделение,
- SHIFT+курсор – перемещение с выделением,
- CTRL+курсор – перемещение без выделенного.

Назначение элементов управления над таблицей:

- **Шаг выделения:** поле ввода + кнопка **Выделить** – позволяют выделять записи с заданным шагом.
- Кнопка **Инvertировать** – инvertирует выделение. На клавиатуре дублируется клавишей "/*".
- Кнопка **Выделить все** – выделяет все записи. На клавиатуре дублируется клавишей "Серый +".
- Кнопка **Сбросить все** – сбрасывает все выделение. На клавиатуре дублируется клавишей "Серый -".

Назначение элементов управления под таблицей:

- Кнопка **Удалить выделенное** подготавливает к удалению выделенные записи: отмеченные записи помечаются как неактивные (строка с этой записью перечеркивается), происходит переустановка пометки **Изм. входных данных** (если требуется), но удаление и переустановка входных данных при этом не происходит. На клавиатуре дублируется клавишей "Delete". При попытке удаления всех записей появляется предупреждение о невозможности такой операции.
- Кнопка **Вернуть выделенное** отменяет удаление выделенных записей. На клавиатуре дублируется клавишей "Insert".
- Флаговая кнопка **Показывать удаленное** – отображает/скрывает записи, помеченные к удалению.

Кнопка **Сохранить** производит удаление всех записей, помеченных к удалению, и закрывает окно диалога. Если к удалению помечены все записи, то кнопка неактивна. При этом появляется диалог подтверждения операции с сообщением о количестве удаляемых записей.

Кнопка **Отмена** закрывает окно диалога без применения сделанных изменений.

Флаговая кнопка **Перенумеровать записи по порядку** – позволяет перенумеровать по порядку записи, оставшиеся после удаления.

4.4.1.2 Меню Вид

Меню **Вид** содержит команды для настройки панели инструментов и окон **FlowVision**.

Команда	Назначение
Панели инструментов	Вызов панелей инструментов
Строка состояния	Вызов строки состояния
Рабочая область	Вызов рабочего окна проекта
Редактор свойств	Вызов окна свойств
Статус расчета	Вызов окна состояния расчета
Протокол	Вызов окна сообщений

4.4.1.3 Меню Справка

Меню **Справка** содержит команды для получения справочной информации.

Команда	Назначение
Разделы справки	Вызывает разделы Справки
О FlowVision...	Сведения о текущей версии

4.4.2 Панели инструментов

Панели инструментов находятся в верхней части окна **FlowVision**. Часть инструментов дублирует соответствующие команды **меню** или команды контекстных меню элементов дерева Пре- или Пост-процессора.

Если перетащить панель инструментов на кромку окна **FlowVision**, она установится на кромке автоматически.

Если перетащить панель инструментов подальше от кромки окна, она станет плавающей, т.е. в виде отдельного окна, свободно перемещаемого по экрану.

4.4.2.1 Стандарт

Панель инструментов **Стандарт** предоставляет инструменты для загрузки/сохранения проекта, получения справки и печати.



	New	Создание нового проекта
	Open	Открытие существующего проекта
	Save	Сохранение проекта
	Remote save	Сохранение проекта на солвере (сохранение результатов расчета)
	About	Сведения о текущей версии



4.4.2.2 Виды

Панель инструментов **Виды** содержит кнопки для управления видом.



	Изменить в размер экрана	Изменяет масштаб изображения так, чтобы вариант был виден полностью.
	Установить центр вращения	Перемещает центр вращения изображения в центр объекта, выделенного в дереве ПреПостпроцессора. Если объект не выделен, то центр вращения перемещается в центр региона.
	В пропорциях или нет	Пропорции изображения на экране такие же, как у геометрических тел в пространстве объектов. При отключении этого режима пропорции зависят от отношения длины к ширине графического окна. В случае квадратного окна нажатие этой кнопки не производит никакого эффекта. Этот режим используется для отображения сильно вытянутого объекта.
	В перспективе или нет	Кнопка имеет два положения – нажатое и отжатое. В нажатом положении изображение 3D сцены в графическом окне имеет перспективную проекцию. Параметры перспективной проекции фиксированы и не могут быть изменены пользователем. В отжатом состоянии изображение 3D сцены в графическом окне имеет параллельную проекцию. По умолчанию кнопка нажата.
	Навстречу X	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – навстречу оси X
	Вдоль X	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – вдоль оси X
	Навстречу Y	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – навстречу оси Y.
	Вдоль Y	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – вдоль оси Y.
	Навстречу Z	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – навстречу оси Z.
	Вдоль Z	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – вдоль оси Z.

4.4.2.3 Тела

Панель инструментов **Тела** предоставляет инструменты для изменения способа отображения геометрической модели в графическом окне.



	Закраска	Отобразить грани треугольников геометрии.
	Каркас	Отобразить ребра треугольников геометрии
	Односторонне-прозрачный	Скрыть внешнюю сторону геометрии
	Границы групп	Отобразить границы групп геометрии
	Полупрозрачный	Включить полупрозрачность граней

4.4.2.4 Режимы

Панель инструментов **Режимы** предоставляет инструменты для манипулирования видом варианта в графическом окне и создания основных слоев визуализации полученных результатов.



	Выбрать	Режим выбора элементов геометрии с экрана.
	Увеличить элемент изображения / Уменьшить часть сцены, видимую в окне	Увеличение/уменьшение выбранной области.
	Изменение вида	Динамическая настройка угла зрения и расположения сцены.
	Настройка параметров слоя	Динамическая настройка параметров выбранного объекта.
	Открытие окна Инфо для выбранного элемента	Открывает окно Инфо для выбранного элемента дерева. Смотрите описание работы с окном Info в обзоре Постпроцессора .
	Закреть все открытые окна Инфо	Закрывает все открытые окна Инфо .

4.4.2.5 Солвер

Панель инструментов **Солвер** содержит кнопки для управления процессом расчета.



	Запуск на расчет	Запустить расчет проекта (доступно, если проект загружен на солвер и не запущен на расчет)
	Остановка расчета	Остановить расчет после окончания текущей итерации по времени (доступно, если проект запущен на расчет).

4.4.2.6 Картинки

Панель инструментов **Картинки** содержит кнопки для захвата изображения.



	Сохранить изображение в файл	Сохранение текущего содержимого графического окна в файл ^{1,2)}
	Начать сохранение последовательности картинок в файл	Запуск последовательного сохранения содержимого графического окна в файл ^{1,2)} : <ul style="list-style-type: none"> • на каждом временном шаге, • при каждом обновлении графического окна (в текущей версии не реализовано), • периодически через указанное количество итераций (в текущей версии не реализовано), • периодически через указанный шаг по времени (в текущей версии не реализовано), • на каждом промежуточном шаге сохранения истории (при переключении с шага на шаг).
	Приостановить/ продолжить сохранение картинок в файл	Временное прекращение или возобновление сохранения графического окна в файл.
	Остановить сохранение картинок в файл	Прекращение сохранения графического окна в файл.

Примечание:

- 1) После вызова сохранения изображения в файл появляется диалоговое окно [Захват изображения](#).
 2) Сохранение изображения из графического окна в файл производится в одном из следующих форматов: Windows bitmap (*.bmp), Targa (*.tga).

4.4.2.6.1 Захват изображения

Диалоговое окно **Захват изображения** позволяет задавать параметры сохраняемых изображений. Диалоговое окно содержит следующие элементы:

Размер:

Исходный	Размер сохраняемого изображения равен размеру окна
Заданный	Задание размера сохраняемого изображения через интерфейс
Ширина	Ширина изображения
Высота	Высота изображения
Сохранять пропорции	Сохранять пропорции изображения относительно экрана
Устранение ступенчатости	Включить устранение ступенчатости линий в сохраняемом изображении

4.4.2.7 Сеть

Панель инструментов **Сеть** содержит кнопки для захвата изображения.



	Вызвать Авторизацию пользователя на Солвер-Агенте
	Завершить сеанс пользователя на Солвер-Агенте
	Вызвать регистрационную информацию пользователя на Солвер-Агенте (доступно, только если проведена авторизация на Солвер-Агенте)
	Подключиться к солверу
	Отключиться от солвера (доступно только если Пре-Постпроцессор подключен к солверу)
	Отключиться от солвера и завершить работу солвера (доступно только если Пре-Постпроцессор подключен к солверу)

4.4.2.8 Навигация

Панель инструментов **Навигация** предназначена для обработки результатов расчета, проведенного в режиме включенной записи [истории данных](#) или [истории слоев](#).

Загрузка данных доступна только на связи с солвером. При переходе с одного сохраненного результата на другой обновляются все слои.

Загрузка слоев доступна только без связи с солвером, при предварительно скачанных на клиентскую сторону файлов с информацией для визуализации и включенном режиме автоматической загрузки файлов с информацией для визуализации. При переходе с одного сохраненного результата на другой обновляются только слои, созданные до проведения расчета.

Если при этом включен режим [Последовательного сохранения картинок](#), то также записывается последовательность файлов с содержимым графического окна.



	Загрузить первый сохраненный результат
	Загрузить предыдущий результат
	Загрузить следующий результат
	Загрузить последний сохраненный результат
	Вызов диалога выбора сохраненной записи

	Автоматически загружать файл с информацией для визуализации.
	Старт автоматического перехода с текущего сохраненного результата до последнего записанного или до остановки.
	Остановка автоматического перехода.

Диалог выбора сохраненной записи:

В диалоге выбора сохраненную запись можно найти с помощью:

1. перемещения ползунка по шкале;
2. указания номера нужного временного шага (поле над шкалой);
3. указания нужного расчетного времени (поле под шкалой).



4.4.3 Графическое окно

Графическое окно предназначено для отображения элементов постановки задачи и результатов расчета.

Инструменты **FlowVision** позволяют в Графическом окне выполнять следующие действия:

1. [выбирать элементы геометрии](#),
2. [увеличивать выбранную область](#),
3. [настраивать угол зрения и расположение сцены](#),
4. [настраивать параметры объекта](#).

4.4.3.1 Выбор элементов геометрии

В интерактивном режиме с помощью мыши можно выбирать элементы геометрии с экрана. В качестве элементов геометрии выступают [группы](#). Этот режим используется для расстановки или переназначения граничных условий.

Для того, чтобы выбрать [Группу](#) в Графическом окне, необходимо:

1. выбрать  в панели **Режимы**;
2. навести курсор на Группу в Графическом окне и нажать левую кнопку мыши,

После выбора Группы в Графическом окне можно вызвать ее [контекстное меню](#), нажав правую кнопку мыши.

Контекстное меню Группы в Графическом окне:

Выбрать следующую группу	Выбрать группу, расположенную за данной
Выбрать другую сторону	Выбрать другую сторону данной поверхности
Перегруппировать	Перегруппировать Группу
Граничное условие	Установить Граничное условие на Группе
Свойства	См. Контекстное меню

Если нужный элемент заслоняется другими элементами, то необходимо:

- навести курсор на то место изображения, под которым находится нужный элемент,
- вызвать контекстное меню по правой кнопке мыши,
- с помощью команды **Выбрать следующую группу** перейти на нужный элемент геометрии.

4.4.3.2 Увеличение/уменьшение элемента сцены

Для того, чтобы перейти в режим увеличения выбранной части изображения необходимо:

1. включить инструмент  панели **Режимы**;
2. поместить курсор в то место, где должен располагаться один из углов рамки, и нажать левую кнопку мыши;
3. с нажатой левой кнопкой потянуть курсор по диагонали в противоположный угол ограничивающей рамки;

4. отпустить курсор;
5. область, захваченная рамкой, будет растянута на все окно.

Для того, чтобы перейти в режим уменьшения изображения, видимого в графическом окне, необходимо:

1. включить инструмент  панели **Режимы**;
2. щелкнуть правой кнопкой мыши в точку графического окна;
3. при этом:
 - часть сцены, видимая в окне, уменьшится и станут видны детали сцены, скрытые за рамкой окна,
 - точка щелчка станет центром нового вида.

4.4.3.3 Настройка угла зрения и расположения сцены

Для того, чтобы перейти в режим настройки угла зрения и расположения сцены необходимо:

1. включить инструмент  панели **Режимы**;
2. для поворота изображения – передвигать мышь по экрану, удерживая нажатой ее левую кнопку,
3. для перемещения изображения – передвигать мышь по экрану, удерживая нажатой ее правую кнопку,
4. для увеличения/уменьшения изображения:
 - передвигать мышь по экрану, удерживая нажатыми обе ее кнопки,
 - вращать колесо мыши (для мыши с колесом прокрутки).

4.4.3.4 Настройка параметров объекта

В интерактивном режиме с помощью мыши можно динамически изменять следующие параметры геометрических объектов:

1. положение исходной точки (отмечено шариком) и
2. направление вектора.

Для того, чтобы перейти в режим динамической настройки параметров объекта необходимо:

- включить инструмент  панели **Режимы**;
- в дереве выделить редактируемый объект,
- перемещать мышь по экрану:

Действие мыши	Объект	Результат действия
передвигать мышь по экрану, удерживая нажатой ее правую кнопку	Линия Плоскость Параллелепипед Импортированный объект	перемещение исходной точки в плоскости, перпендикулярной направлению вектора
передвигать мышь по экрану, удерживая нажатой ее левую кнопку	Линия Плоскость Параллелепипед Импортированный объект	вращение вектора вокруг исходной точки
передвигать мышь по экрану, удерживая нажатыми обе ее кнопки	Плоскость	перемещения исходной точки в направлении вектора
	Параллелепипед Импортированный объект	масштабирование объекта относительно исходной точки

- при этом изменяются соответствующие параметры в окне свойств выбранного объекта.

4.4.4 Контекстное меню

Контекстное меню вызывается посредством правой кнопки мыши.

Стандартные команды контекстных меню:

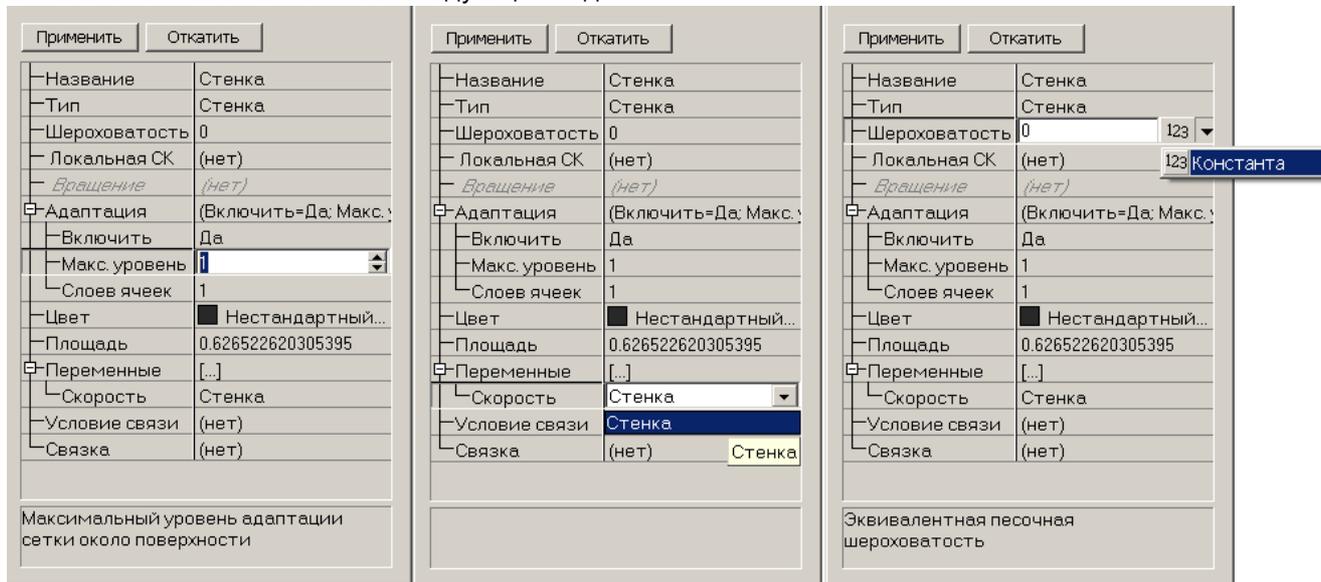
Создать	Создать новый элемент
Копировать	Копировать текущий элемент
Удалить	Удалить текущий элемент
Добавить/убрать	Добавить ссылку на уже созданный элемент (вызывает Окно выбора)
Свойства	Вызвать Окно свойств элемента

4.4.5 Окно Свойства элемента дерева

Для просмотра или изменения параметров любого элемента дерева пре- и постпроцессора:

- Выберите нужный элемент в дереве, справа от Графического окна проекта в окне Свойств отобразится информация об этом элементе.
- Если окно свойств скрыто, то выберите нужный элемент в дереве, нажмите правую кнопку мыши и выберите пункт **Свойства** из контекстного меню. Или для того, чтобы вызвать окно Свойств, можно дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на соответствующем элементе дерева.

Окно свойств элемента имеет следующий вид:



В правом верхнем углу окна элемента расположена кнопка , которая закрывает окно.

В верхней части окна расположены кнопки **Применить** и **Откатить**:

Кнопка **Применить** применяет все сделанные изменения.

Кнопка **Откатить** отменяет все изменения, сделанные с момента последнего нажатия кнопки **Применить**.

Ниже располагается список свойств выбранного элемента дерева. Список состоит из двух колонок:

- в левой колонке находятся названия элементов списка, названия папок элементов, а также иконки для открытия и закрытия папок ("плюс" и "минус").
- в правой колонке находятся значения свойств (они же являются полями для редактирования)

Элементы правой колонки могут быть следующих типов:

- выпадающий список
- строка редактирования
- строка редактирования с ползунком
- строка редактирования с выбором типа данных

Типы данных:

Обозначение	Название	Способ задания
	Константа	Задание скалярной переменной в виде константы
	Константа	Задание векторной переменной в виде константы
	БДТаблица f(p, T)	Загрузка переменной из базы данных в виде таблицы зависимости от давления и температуры (только для свойств Вещества)
Закон идеального газа	Закон идеального газа	Вычисление значения переменной по закону идеального газа (только для Плотности)

	Формула	Вычисление значения скалярной переменной закону, заданному через Редактор формул
	Формула	Вычисление значения векторной переменной закону, заданному через Редактор формул
	Гармоника	Вычисление значения переменной по Гармоническом закону

Редактирование некоторых элементов может быть недоступно. Это зависит от выбранных параметров других элементов. Такие неактивные элементы отображаются серым.

Для каждого элемента дерева окно Свойств содержит свой набор элементов.

Под списком элементов располагается область подсказки.



Все внесенные изменения вступают в силу только после нажатия кнопки

Применить.

Не забывайте нажимать кнопку до выделения следующего элемента дерева. Иначе внесенные изменения будут потеряны.

4.4.5.1 Гармонический закон

Гармонический закон - стандартная зависимость для переменной. Гармонический закон определяется формулой:

$$F = A \sin(2\pi(\omega t + \phi))$$

Компоненты окна Гармонического закона:

Амплитуда A

Частота ω

Фаза ϕ

4.4.5.2 Редактор формул

Редактор формул - компонента ПреПостпрофессора, предназначенная для задания переменной в виде формулы. Для задания формулы в калькуляторе могут быть использованы числа, переменные, константы, математические операторы и функции.

Элементы редактора:

Графическое окно - окно, в котором отображается формула

Клавиатура - набор кнопок, предназначенных для задания формулы. В состав клавиатуры входят цифры, наиболее часто используемые операторы и функции.

Переменные и константы - переменные и константы, которые можно использовать при задании формулы.

Операции - набор операторов и функций, доступных для задания формулы.

Кнопки:

Принять Скомпилировать формулу и закрыть редактор

Отменить Закреть редактор, не сохраняя изменений

Отм. Отменить последнее изменение в формуле

Повт. Вернуть последнее отмененное изменение

Компиляция Скомпилировать формулу

Клавиатура:

Идентификатор	Название
+	Сложение
-	Вычитание
*	Умножение
/	Деление
#	Скалярное произведение
%	Векторное произведение

^	Степень
sqrt	Корень квадратный
abs	Абсолютное значение
sign	Знак
linear	Линейная интерполяция
root	Корень указанной степени.
vec	Вектор из компонент
.x	X-компонента вектора
.y	Y-компонента вектора
.z	Z-компонента вектора
len	Длина вектора
norm	Нормализация вектора
refl	Отражение вектора
clamp	Ограничение
sin	Синус
cos	Косинус
tg	Тангенс
ctg	Котангенс
arcsin	Арксинус
arccos	Арккосинус
arctg	Арктангенс
arcctg	Арккотангенс
sh	Гиперболический синус
ch	Гиперболический косинус
th	Гиперболический тангенс
cth	Гиперболический котангенс
arsh	Гиперболический ареасинус
arch	Гиперболический ареакосинус
arth	Гиперболический ареатангенс
arcth	Гиперболический ареакотангенс
exp	Экспонента натуральная
ln	Логарифм натуральный
lg	Логарифм десятичный
log	Логарифм по основанию
min	Минимум
max	Максимум
sum	Сумма
prod	Произведение
AND	Логическое "И"
OR	Логическое "ИЛИ"
XOR	Логическое "ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ"
NOT	Логическое "НЕ"
if	Условное ветвление
in	Вхождение в диапазон
==	Сравнение "РАВНО"
!=	Сравнение "НЕ РАВНО"
<	Сравнение "МЕНЬШЕ"
<=	Сравнение "МЕНЬШЕ ИЛИ РАВНО"
>=	Сравнение "БОЛЬШЕ ИЛИ РАВНО"
>	Сравнение "БОЛЬШЕ"
{	Множественное ветвление
}	
:	
;	Разделитель

Переменные и константы:

Все	Все переменные и константы
Физические	Локальные переменные, порождаемые Физическими процессами (доступны только при задании Локальных переменных)
Общие	Переменные, содержащиеся во всех фазах.
Фаза #i	Переменные, содержащиеся в Фазе #i
Интегральные	Интегральные переменные, заданные на Характеристиках в Препроцессоре.

Пользовательские Ссылки	Пользовательские переменные , заданные в Препроцессоре
Имя в формуле	Названия Физических, Интегральных и Пользовательских переменных, используемые в формулах. Ссылка на переменную создается посредством контекстного меню переменной.
Тип	Название переменной, используемое в формуле
Комп.	Тип переменной
Переменная	Компонента (только для компоненты вектора)
Группа	Название переменной в редакторе формул
	Группа, которой принадлежит переменная

Константы

Константа	Название константы
Имя в формуле	Имя константы, используемое при задании формулы
Значение	Значение константы

Контекстное меню переменной:

Добавить ссылку и вставить в формулу	Добавить ссылку на выделенную переменную и вставить переменную в формулу
Добавить ссылку	Добавить ссылку на выделенную переменную

Операции:

Операция	Идент.	Синтаксис	Описание
Все			Все нижеперечисленные операции
Арифметические			
Изменение знака	-	-s -v	
Сложение	+	s1+s2 v1+v2	Сложение скаляров и векторов
Вычитание	-	s1-s2 v1-v2	Вычитание скаляров и векторов
Умножение	*	s1*s2 s*v v1*v2	Умножение
Деление	/	s1/s2	Деление
Скалярное произведение	#	v1#v2	Скалярное произведение векторов
Векторное произведение	%	v1 dot v2 v1 cross v2	Векторное умножение векторов A и B
Абсолютное значение	abs	abs(s) abs(v)	Модуль s, Вектор модулей компонент v
Знак	sign	sign(s) sign(v)	Знак s (-1;0;1), Вектор знаков компонент вектора v
Дробный остаток от деления	mod	s1 mod s2	Дробный остаток от деления s1 на s2
Целая часть	trunc	trunc(s) truncate(s)	Целая часть s
Дробная часть	frac	frac(s) fraction(s)	Дробная часть s
Округление к меньшему	floor	floor(s)	Округление s к меньшему
Округление к большему	ceil	ceil(s) ceiling(s)	Округление s к большему
Округление к ближайшему	round	round(s)	Округление s к ближайшему
Линейная интерполяция	linear	linear (s1;s2;k) linear (v1;v2;sk)	Линейная интерполяция s1+(s2-s1)*k, v1+(v2-v1)*k
Ограничение	clamp	clamp (s; smin; smax) clamp (v; smin; smax) clamp (v; vmin; vmax)	Ограничение x в пределах от xmin до xmax: заменить значения x<xmin на x=xmin заменить значения x>xmax на x=xmax
Экспоненциальные			
Возведение в степень	^	a^b	Возведение a в степень b
Корень указанной степени	root	root (s; pwr)	Корень pwr степени из s.
Корень квадратный	sqrt	sqrt(s)	Корень квадратный из s
Экспонента натуральная	exp	exp(s)	Экспонента e ^s
Логарифм натуральный	ln	ln(s)	Натуральный логарифм s

Логарифм десятичный	lg	lg(s)	Десятичный логарифм s
Логарифм по основанию	log	log(s;base)	Логарифм s по основанию base
Тригонометрические			
Синус	sin	sin(s)	Синус s
Косинус	cos	cos(s)	Косинус s
Тангенс	tg	tg(s)	Тангенс s
Котангенс	ctg	ctg(s)	Котангенс s
Секанс	sec	sec(s)	Секанс s
Косеканс	cosec	cosec(s)	Косеканс s
Арксинус	arcsin	arcsin(s)	Арксинус s
Арккосинус	arccos	arccos(s)	Арккосинус s
Арктангенс	arctg	arctg(s)	Арктангенс s
Арккотангенс	arcctg	arcctg(s)	Арккотангенс s
Арксеканс	arcsec	arcsec(s)	Арксеканс s
Арккосеканс	arccsc	arccosec(s) arccsc(s)	Арккосеканс s
Гиперболические			
Гиперболический синус	sh	sh(s)	Гиперболический синус s
Гиперболический косинус	ch	ch(s)	Гиперболический косинус s
Гиперболический тангенс	th	th(s)	Гиперболический тангенс s
Гиперболический котангенс	cth	cth(s)	Гиперболический котангенс s
Гиперболический секанс	sech	sech(s)	Гиперболический секанс s
Гиперболический косеканс	csch	csch(s)	Гиперболический косеканс s
Гиперболический ареасинус	arsh	arsh(s)	Гиперболический арксинус s
Гиперболический ареакосинус	arch	arch(s)	Гиперболический арккосинус s
Гиперболический ареатангенс	arth	arth(s)	Гиперболический арктангенс s
Гиперболический ареакотангенс	arcth	arcth(s)	Гиперболический арккотангенс s
Гиперболический ареасеканс	arsech	arsech(s)	Гиперболический ареасеканс s
Гиперболический ареакосеканс	arcsch	arcsch(s)	Гиперболический ареакосеканс s
Логические			
Сравнение "РАВНО"	==	s1==s2	Равенство
Сравнение "НЕ РАВНО"	!=	s1!=s2; s1<>s2 v1=v2	Неравенство
Сравнение "МЕНЬШЕ"	<	s1<s2	Меньше
Сравнение "МЕНЬШЕ ИЛИ РАВНО"	<=	s1<=s2	Меньше или равно
Сравнение "БОЛЬШЕ ИЛИ РАВНО"	>=		Больше или равно
Сравнение "БОЛЬШЕ"	>	s1>s2	Больше
Логическая "НЕ"	NOT	NOT s	Не s
Логическая "И"	AND	s1 AND s2	Оператор И (конъюнкция)
Логическая "ИЛИ"	OR	s1 OR s2	Оператор ИЛИ (дизъюнкция)
Логическая "ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ"	XOR	s1 XOR s2	Оператор ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ
Условное ветвление	if	if (scond; strue; sfalse) if (vcond; vtrue; vfalse)	Оператор Если: Если выполняется COND, то значение выражение равно x1, если нет, то значение выражения равно x2
Вхождение в диапазон	in	x in [a;b]	Если $a \leq x \leq b$, то 1 если $x < a$ или $x > b$, то 0
Статистические			
Максимум	min	min (s1;s2;...;sN)	Минимум из s1;s2;...;sN
Минимум	max	max (s1;s2;...;sN)	Максимум из s1;s2;...;sN
Сумма	sum	sum (s1;s2;...;sN)	Сумма s1+s2+...+sN
Произведение	prod	prod (s1;s2;...;sN)	Произведение s1*s2*...*sN
Внешние			
Глобальный минимум	vamin	vamin(sPhysVar) varmin(vPhysVar)	Глобальный минимум физической переменной sPhysVar, vPhysVar
Глобальный максимум	vamax	vamax(sPhysVar) varmax(vPhysVar)	Глобальный максимум физической переменной sPhysVar, vPhysVar
Специальные			
Вектор из компонент	vec	vec (sx; sy; sz) vector (sx; sy; sz)	Задание вектора с компонентами x, y, z.

Длина вектора	len	len (V) length (V)	Вычисление длины вектора V
Нормализация вектора	norm	norm (V)	Нормализация вектора V
X-компонента вектора	.x	V.x	x-компонента вектора V
Y-компонента вектора	.y	V.y	y-компонента вектора V
Z-компонента вектора	.z	V.z	z-компонента вектора V
Отражение вектора	refl	refl (V; n)	Отражение вектора V от плоскости с нормалью n: $V - 2n^*(n', V)$, где n' - нормализованная n

Множественное ветвление:

Синтаксис:

```
{
    (<COND1>): <S1>;
    (<COND2>): <S2>;
    ...
    <DEFAULT_COND>
}
```

Описание:

Если выполняется условие COND1, то значение выражения равно S1, если нет, то проверяется условие COND2. Если все условия не выполняются, то значению выражения присваивается значение по умолчанию.

```
{{(<COND1>): <S1>; (<COND2>): <S2>}...
<DEFAULT_COND>}
```

4.4.6 Окно выбора

Окно выбора служит для добавления заранее созданных элементов в выбранную папку. Диалоговое окно вызывается посредством команды **Добавить/Убрать** из контекстного меню указанной папки.

Диалоговое окно содержит следующие элементы:

Невыбранные	Список элементов, доступных для добавления в указанную папку
Выбранные	Список элементов, добавленных в указанную папку
Добавить	Добавить выделенные элементы в указанную папку ¹⁾
Убрать	Удалить выделенные элементы из указанной папки ¹⁾
Добавить все	Добавить все элементы в указанную папку
Убрать все	Убрать все элементы из указанной папки

Примечание:

¹⁾Выделение элементов осуществляется посредством курсора мыши. Можно одновременно выделить несколько элементов.

4.4.7 Окно Проект

Окно Проект предназначено для задания параметров задачи.

Окно Проект содержит следующие закладки:

1. [Препроцессор](#)
2. [Солвер](#)
3. [Постпроцессор](#)
4. [Отображение](#)

4.4.7.1 Препроцессор

В дереве **Препроцессора** задаются все параметры рассчитываемой задачи. Корневой элемент дерева **Препроцессора - Регион**

Контекстное меню **Региона**:

Перегруппировать геометрию...	Перегруппировать геометрию Расчетной области.
Перегруппировать геометрию+подвижные тела	Перегруппировать геометрию Расчетной области и Подвижных тел.

Трансформировать геометрию...	Трансформировать геометрию Расчетной области
Трансформировать геометрию+подвижные тела	Трансформировать геометрию Расчетной области и Подвижных тел
Заменить геометрию...	Заменить геометрию Расчетной области
Экспортировать геометрию...	Экспортировать геометрию Расчетной области в файл
Свойства	Вызвать окно Свойства Региона

Окно Свойства Региона:

Локальная СК Выбор [локальной системы координат](#).



"Нет" = "Абсолютная система координат"!

Вращение	Выбор вращения в заданной локальной системе координат. Задание вращения на Регионе означает только переход во вращающуюся систему координат (при этом граничные условия по умолчанию остаются заданными в абсолютной системе координат).
Исходный файл	Имя файла геометрии Расчетной области
Информация	
Число групп	число групп треугольников, принадлежащих основной геометрической модели (суммарное число групп, которое присутствующих в папке Геометрия в каждой из подобластей).
Число треугольников	число треугольников, принадлежащих основной геометрической модели
Число точек	число вершин треугольников, принадлежащих основной геометрической модели
Габариты	
Центр	координаты центра расчетной области
X	
Y	
Z	
Размер	размер расчетной области
X	
Y	
Z	
Минимум	минимальные значения координат
X	
Y	
Z	
Максимум	максимальные значения координат
X	
Y	
Z	
Геометрический допуск	определяет с какой точностью (ϵ) будут отслеживаться геометрические параметры при построении сетки и визуализации (например, совпадение координат точек). По умолчанию совпадает с Допуском , указанным в Настройках . Допустимые значения этого параметра лежат в диапазоне: $0.1 \cdot d_{\min} \leq \epsilon \leq 10^{-12} \cdot d_{\max}$ где d_{\min} – минимальное значение из минимального размера ребра треугольника и минимального расстояния между поверхностями, d_{\max} – максимальное значение координаты точки основной геометрической модели

Примечание:

Задание ЛСК без задания вращения не оказывает никакого влияния на решение.

Задание вращения на Регионе означает только переход во вращающуюся систему координат (при этом [граничные условия](#) по умолчанию остаются заданными в абсолютной системе координат).

4.4.7.1.1 Общие установки

Окно **Свойства Общих установок**:

Опорные величины	Абсолютные значения переменных, соответствующие нулевым значениям в расчете и интерфейсе	
Температура		[К]
Давление		[Па]
Вектор гравитации	Направление и размер вектора силы тяжести.	
X		[м с ⁻²]
Y		[м с ⁻²]
Z		[м с ⁻²]
g-Точка	Точка, через которую перпендикулярно направлению вектора силы тяжести проходит плоскость, соответствующая нулевому гидростатическому давлению . Координаты g-Точки задаются в системе координат расчетной области.	
X		[м]
Y		[м]
Z		[м]
g-Плотность	Гидростатическая плотность жидкости, находящейся над нулевым гидростатическим уровнем (если нет других слоев – то и ниже нулевого гидростатического уровня)	[кг м ⁻³]
Слой	Массив гидростатических слоев , находящихся ниже нулевого гидростатического уровня	
	Добавить гидростатический слой в конец массива	
	Очистить массив	
[i]	Номер слоя	
	Добавить гидростатический слой над выбранным	
	Удалить выбранный гидростатический слой	
g-Толщина	Толщина i-го гидростатического слоя	[м]
g-Плотность	Плотность жидкости, соответствующей i-му слою.	[кг м ⁻³]

Примечания:

1. Абсолютные значения переменных, для которых заданы опорные величины, вычисляются по формуле $f_a =$

$$f + f_{ref} \text{ где}$$

f_a – абсолютное значение переменной,

f – рассчитываемое относительное значение переменной,

f_{ref} – опорная величина.

2. Цели введения опорных величин:

Использование привычных величин

Устранение потери точности при вычислении переменных, слабо меняющихся на фоне большого среднего уровня.

3. Все значения переменных, кроме особо оговоренных случаев, задаются и визуализируются в *относительных* величинах.

4. По умолчанию выбраны следующие величины:

$T_{ref} = 273 \text{ К}$ (это означает, что в качестве шкалы температур выбрана шкала Цельсия)

$P_{ref} = 101000 \text{ Па}$ (это означает, что давление отсчитывается от 1 атмосферы).



Рекомендуется задавать такие значения опорных величин, которые близки к средним ожидаемым величинам. Во многих задачах такое задание может существенно увеличить точность расчетов.

4.4.7.1.2 Вещества

В дереве Пре-Процессора в папке **Вещества** создаются новые Вещества и описываются их свойства.

Контекстное меню папки **Вещества**:

Создать Создать Вещество

Контекстное меню **Вещества#i**:

Создать	См. Контекстное меню
Копировать	См. Контекстное меню
Удалить	См. Контекстное меню
Загрузить из БД	
Стандартная	Загрузить вещество из Стандартной базы данных
Пользовательская	Загрузить вещество из Пользовательской базы данных
Свойства	См. Контекстное меню

Окно **Свойства Вещества**:

Название	Название Вещества
Тип	Тип Вещества (информационное поле) 'Стандартный' - свойства Вещества задаются через интерфейс 'Из базы данных' - свойства Вещества загружаются из Базы данных веществ
Агрегатное состояние	Агрегатное состояние Вещества (определяет набор физических свойств и поведение): Твердое тело Жидкость Газ

Вещество содержит дочерние элементы соответствующие [физическим свойствам данного вещества](#).

Примечания:

Проект должен содержать как минимум одно вещество.

4.4.7.1.2.1 Физические свойства Вещества

Набор свойств определяется Агрегатным состоянием вещества. В окнах физических свойств вещества содержится следующая информация:

Размерность	Размерность физического свойства
Значение	Значение физического свойства

Примечание:

Список свойств фиксирован и не зависит от решаемой задачи, однако пользователь может определить только те свойства, которые будут необходимы для расчетов и не задавать остальные (для них останутся нулевые значения).

Физические свойства Вещества с агрегатным состоянием Твердое тело:

- Молярная масса
- Плотность
- Теплопроводность
- Удельная теплоемкость
- Теплота образования
- Температура плавления
- Спектр отвердевания

Физические свойства Вещества с агрегатным состоянием Жидкость:

- Молярная масса
- Плотность
- Вязкость

Теплопроводность
 Удельная теплоемкость
 Теплота образования
 Температура кипения
 Поверхностное натяжение
 Коэффициент сжимаемости
 Физические свойства Вещества с агрегатным состоянием Газ:
 Молярная масса
 Плотность
 Вязкость
 Теплопроводность
 Удельная теплоемкость
 Теплота образования
 Давление насыщения
 Сигма (ЛД6-12)
 Эпсилон/к (ЛД6-12)

4.4.7.1.2.2 Загрузка вещества из Базы данных веществ

Для того, чтобы загрузить вещество из базы, необходимо в контекстном меню **Вещества** выбрать пункт **Загрузить из базы данных** → **Название базы**. Затем, в диалоговом окне **Загрузка из базы данных** следует выбрать **Вещество** и **Фазу вещества**. После этого все значения свойств вещества будут заполнены в соответствии с содержимым базы веществ. При необходимости пользователь может изменить значение параметра вещества в окне **Свойств**. Для того, чтобы создать новое вещество или отредактировать значения старого непосредственно в пользовательской **Базе данных веществ**, необходимо воспользоваться [Редактором базы данных веществ](#).

Примечание:

По умолчанию, для пользователя доступна загрузка только из **Стандартной базы данных веществ**. Для того, чтобы получить возможность загружать из **Пользовательской базы данных веществ**, нужно указать адрес каталога веществ пользовательской базы в [Настройках](#) Пре-Постпроцессора.

4.4.7.1.3 Фазы

В дереве ПреПроцессора в папке **Фазы** расположены фазы.

Фаза - совокупность веществ (**в данной реализации - одно вещество**), поведение которых описывается в рамках одного набора физических процессов.

Контекстное меню папки **Фазы**:

Создать непрерывную	Создать непрерывную фазу
Создать дисперсную	Создать дисперсную фазу (в текущей версии не реализовано)
Свойства	См. Контекстное меню

Контекстное меню **Фазы#i**:

Удалить	См. Контекстное меню
Создать непрерывную	Создать непрерывную фазу
Создать дисперсную	Создать дисперсную фазу (в текущей версии не реализовано)
Копировать	См. Контекстное меню
Свойства	См. Контекстное меню

Окно Свойства **Фазы**:

Название	Название Фазы
Тип	Тип фазы (информационное поле)

Каждая фаза содержит следующие элементы:

1. [Вещества](#)
2. [Физические процессы](#)

Примечание:

Проект должен содержать как минимум одну фазу.

4.4.7.1.3.1 Вещества

В папке **Вещества** содержится перечень веществ, которые присутствуют в данной фазе.

Контекстное меню:

Добавить/убрать Вызвать [Окно выбора веществ](#)¹⁾

Примечание:

¹⁾Для выбора доступны все вещества, заранее созданные в папке [Вещества](#).

4.4.7.1.3.2 Физические процессы

В папке **Физические процессы** содержится перечень физических процессов, моделируемых в данной фазе. Выбор списка физических процессов и их математических моделей происходит в окне элемента **Физические процессы**



Задание Физических процессов становится возможным только после задания Веществ!

Окно **Свойства Физических процессов:**

[Движение](#)

Выбор модели движения жидкости/газа:

Ньютоновская жидкость - движение жидкости/газа с изотропным тензором сопротивления с произвольными числами Маха

[Теплоперенос](#)

Выбор модели теплопереноса:

Конвекция и теплопроводность - перенос тепла за счет конвекции и теплопроводности

Массоперенос

В текущей версии не реализованно

[Турбулентность](#)

Выбор модели турбулентного переноса (доступно только при выбранной модели движения):

Стандартная к-е модель

Низкорейнольдсовая к-е модель

Квадратичная к-е модель

SST модель

SA модель

Перенос фазы

Модель движения поверхности раздела фаз (справочная информация):

Модель VoF



Задание Физических процессов становится возможным только после задания Веществ!



Модель VoF появляется в поле Перенос фазы после добавления второй Фазы в [Модель](#).

Примечания:

1. Выбор Физических процессов возможен только после добавления в Фазу Вещества.

2. Более подробно описание моделей физических процессов см. том [Теория](#).

Окно **Свойства Движения:**

Мат.модель

Математическая модель физического процесса (справочная информация)

Искусственная сжимаемость

Включение учета искусственной сжимаемости.^{1,2)}

Скорость звука

Искусственная скорость звука (доступна при включении искусственной сжимаемости)^{1,2)}.

Проникновение

Расстояние от поверхности подвижного тела, на котором влияние искусственной сжимаемости падает в e раз. (доступна при включении искусственной сжимаемости)^{1,2)}.

Податливость

Параметр, характеризующий деформируемость материала тела под нагрузкой²⁾.

Мобильность

Параметр, характеризующий передачу импульса жидкости деформируемому / подвижному телу²⁾.

Примечание:

¹⁾ Учет искусственной сжимаемости вносит демпфирование пульсаций сил, действующих на твердые тела. Учет искусственной сжимаемости рекомендуется включать при моделировании движения подвижных тел. Искусственную скорость звука рекомендуется задавать в 10 раз больше, чем характерная скорость движения тела.

²⁾ Более подробно описание параметров см. том [Теория](#)

Окно Свойства Теплопереноса:

Мат. модель	Математическая модель физического процесса (справочная информация)
Учитывать все члены	Включить учет дополнительных членов уравнения теплопереноса (учет генерации тепла за счет потерь на вязкое трение) ¹⁾

Примечание:

¹⁾ Более подробно описание компонентов см. том Теория.

Окно Свойства Турбулентности:

Мат. модель	Математическая модель физического процесса (справочная информация)
Взаимодействие со стенкой	¹⁾ Выбор пристеночной функции для турбулентных параметров: Пристеночная функция, равновесие Пристеночная функция, неравновесие Нет пристеночной функции
Прандтль	¹⁾ Турбулентное число Прандтля
Шмидт	¹⁾ Турбулентное число Шмидта
Е, лог. закон	¹⁾ Константа Е, используемая при задании логарифмического профиля скорости у стенки
Постоянная Кармана	¹⁾ Постоянная Кармана
Константа шероховатости	¹⁾ Константа шероховатости
Р градиент	¹⁾ Включение учета градиента давления

Примечание:

¹⁾ Более подробно описание компонентов см. том [Теория](#).

4.4.7.1.4 Модели

В дереве Препроцессора в папке **Модели** создаются и описываются новые модели.

Модель - набор фаз с заданными межфазными взаимодействиями.

Каждая модель содержит набор фаз и типов межфазных взаимодействий.



*задание **моделей** становится возможным только после задания **фаз**!*

Новые модели создаются с помощью контекстного меню **Создать**.

Окно Свойства Модели:

Название	Название Модели
Использовать модель зазора	Включение модели зазора '(нет)' - не использовать модель зазора 'Стандартная модель зазора' - использовать модель зазор

Модель содержит следующие элементы:

1. [Фазы](#)
2. [Взаимодействие фаз](#)
3. [Начальные значения](#)
4. [Стандартная модель зазора](#) (если в окне Свойств модели в поле Использовать модель зазора выбрана Стандартная модель зазора)

4.4.7.1.4.1 Фазы

В папке **Фазы** содержится перечень фаз, которые присутствуют в данной модели.

Контекстное меню:

Добавить/убрать	Вызвать Окно выбора фаз ¹⁾
-----------------	---

Примечание:

¹⁾Для выбора доступны все фазы, заранее созданные в папке [Фазы](#). В модели должна быть одна или две фазы.

4.4.7.1.4.2 Взаимодействие фаз

В папке **Взаимодействие фаз** определяются **Взаимодействия фаз**.

Взаимодействие фаз - элемент, определяющий параметры взаимодействия двух Фаз в одной Модели. Взаимодействие фаз автоматически создается при добавлении в Модель второй Фазы.

Окно Свойства Взаимодействия фаз:

Название	Название Взаимодействия фаз
Фаза0	Первая Фаза в Модели
Фаза1	Вторая Фаза в Модели
ПовНатяжение, авто	'Да' - рассчитать коэффициент поверхностного натяжения автоматически 'Нет' - задать коэффициент поверхностного натяжения вручную
ПовНатяжение, значение	Коэффициент поверхностного натяжения (доступно, если ПовНатяжение = 'Нет')
Давление	Давление на границе раздела (доступно, только если в одной из фаз не задано Движение)



Если при моделировании необходимо учесть только движение вещества в одной из фаз и границы раздела фаз, то во второй фазе можно не задавать Вещество и Физические процессы.

4.4.7.1.4.3 Начальные значения

Папка **Начальные значения** содержит набор **Начальных данных**, соответствующих данной Модели. *Начальные данные* - набор значений расчетных переменных в начальный момент времени. Область применения **Начальных данных** задается в [Начальных условиях](#).

Значения переменных задаются в окнах соответствующих переменных.

Примечания:

1. По умолчанию в папке **Начальные значения** создается один элемент **Начальные данные #0** с нулевыми значениями переменных.
2. Задание начальных данных полезно использовать для того, чтобы ускорить сходимость решения (например, в задачах внешнего обтекания удобно бывает задать начальное поле скорости, соответствующее скорости набегающего потока).

4.4.7.1.4.4 Стандартная модель зазора

Окно Свойства Стандартной модели зазора

Мин. зазор	Для всех ячеек зазора, в которых расстояние между зазор-образующими поверхностями (d) меньше значения этого параметра, размер зазора будет ограничен минимальным значением ($d=d_{\min}$)
Макс. зазор	Для всех ячеек, имеющих две зазор-образующих поверхности, расстояние между которыми (d) меньше значения этого параметра, устанавливается модель зазора.

Примечания:

Ячейка является зазорной, если она содержит две поверхности с заданными на них различными граничными условиями с типом Стенка.

4.4.7.1.5 Локальные системы координат

Локальные системы координат - дополнительные неподвижные системы координат. Локальные системы координат предназначены для задания в них вращения. Локальные системы координат могут быть выбраны на Регионе и Граничном условии.

Локальная система координат отображается в Графическом окне, если она выделена в дереве Препроцессора.



*Вращение на граничном условии задается независимо от вращения региона.
По умолчанию граничные условия задаются в абсолютной системе координат!*

Начальные условия всегда задаются в абсолютной системе координат!

Окно Свойства Локальной системы координат:

Название	Название Локальной системы координат
Начало	Декартовы координаты центра локальной системы координат объекта относительно системы координат расчетной области.

X
Y
Z

Оси

Ось X	Направление оси X Локальной системы координат относительно системы координат расчетной области.
-------	---

X
Y
Z

Ось Y	Направление оси Y Локальной системы координат относительно системы координат расчетной области.
-------	---

X
Y
Z

Ось Z	Направление оси Z Локальной системы координат относительно системы координат расчетной области.
-------	---

X
Y
Z

Контекстное меню Локальной системы координат:

Создать	См. Контекстное меню
Удалить	См. Контекстное меню
Добавить Вращение	Задать Вращение в данной системе координат.

4.4.7.1.5.1 Вращение

Вращение - элемент, позволяющий учитывать вращение элементов геометрии посредством добавления вращательной скорости на их поверхности. **Вращение** можно задать на [Регионе](#) или [Граничном условии](#). Вращение создается с помощью контекстного меню **Добавить вращение** предварительно созданном элементе **Локальная СК #i**. Ось и направление Вращения отображаются в графическом окне при выделении **Вращения** в дереве Препроцессора

Окно Свойства Вращения:

Название	Строка редактирования названия элемента	
Скорость	Скорость вращения	рад с ⁻¹
Центр	Координаты центра вращения в Локальной системе координат	
X		м
Y		м
Z		м
Направление	Направление оси вращения в Локальной системе координат	

X
Y
Z

4.4.7.1.6 Объекты

В дереве Препроцессора в папке **Объекты** создаются новые геометрические объекты. Эти объекты в дальнейшем могут быть использованы в любой из расчетных подобластей для задания в них начальных условий, адаптации расчетной сетки, создания слоев и т.д.

Типы геометрических объектов и их окна свойств в Препроцессоре и Постпроцессоре одинаковые, но сами объекты разные. Описание всех типов объектов приведено в [Постпроцессоре](#).

Новые объекты создаются с помощью контекстного меню **Создать**.

При создании нового проекта эта папка содержит один объект [Пространство](#).

4.4.7.1.7 Характеристики

Элемент **Характеристики** предоставляет доступ к информации об интегральных характеристиках выбранной переменной на выбранном геометрическом Объекте. Описание элемента [Характеристики](#) приводится в Постпроцессоре. При создании элемента **Характеристики** в Препроцессоре, только часть установок доступна (видна). После создания такого элемента, соответствующий элемент **Характеристики** появляется в Постпроцессоре. В нём видны все установки, однако установки, сделанные в Препроцессоре, недоступны для редактирования.

4.4.7.1.8 Пользовательские переменные

Пользовательские переменные - переменные, задаваемые пользователем. Пользовательские переменные, созданные в Препроцессоре, могут быть использованы на [Характеристиках](#), [Условиях останова](#) и [Слоях](#)

Описание [Пользовательских переменных](#) приведено в Постпроцессоре

4.4.7.1.9 Подобласти

Папка **Подобласти** в дереве Препроцессора содержит все **Подобласти**. *Подобласть* - замкнутый геометрический объем, в котором моделируется течение. В **Подобласть** загружается заранее подготовленная **Модель**. В **Подобласти** задаются **Граничные условия**, **Модификаторы**, **Критерии адаптации**, **Начальные условия**.

Каждая **Подобласть #i** содержит следующие элементы:

1. [Граничные условия](#)
2. [Геометрия](#)
3. [Модификаторы](#)
4. [Критерии адаптации](#)
5. [Начальные условия](#)

Контекстное меню **Подобласти**:

Установить ГУ	Установить на всей поверхности Подобласти Граничное условие
Перегруппировать геометрию...	Перегруппировать геометрию Подобласти .
Перегруппировать геометрию+подвижные тела	Перегруппировать основную геометрию Подобласти и Подвижных тел , находящихся в данной Подобласти
Свойства	Вызвать окно Свойства Подобласти

Окно **Свойства Подобласти**:

Название	Название Подобласти
Модель	Выбор Модели из выпадающего списка ¹⁾

¹⁾ Для выбора доступны все модели, заранее созданные в папке [Модели](#).

4.4.7.1.9.1 Граничные условия

В папке Препроцессора **Граничные условия** осуществляется создание и описание граничных условий.

Контекстное меню папки **Граничные условия**:

Создать См. [Контекстное меню](#)

Граничное условие - набор параметров, заданных на соответствующей поверхности.

Граничные условия должны сопоставлены с соответствующими поверхностями. Это осуществляется автоматически, если при загрузке геометрической модели использовался формат, поддерживающий информацию о цвете - **Граничные условия** будут созданы и расставлены автоматически согласно цветам. По умолчанию типом всех граничных условий в этом случае будет Стенка.

Если граничные условия не были расставлены автоматически, то требуется выполнить расстановку граничных условий вручную.

Расстановка граничных условий осуществляется [в графическом окне с помощью мыши](#).



Не забывайте расставлять граничные условия!

Контекстное меню **Граничного условия**:

Создать	См. Контекстное меню
Копировать	См. Контекстное меню
Удалить	См. Контекстное меню
Перегруппировать геометрию	Перегруппировать геометрию Подобласти , на которой установлено данное граничное условие
Перегруппировать геометрию + подвижные тела	Перегруппировать геометрию Подобласти и Подвижных тел , на которой установлено данное граничное условие (доступно только если граничное условие установлено на подвижных телах)
Установить цвет	Задать цвет граничного условия
Создать супергруппу	
В Препроцессоре	Создать на основе выбранного граничного условия Супергруппу в Препроцессоре
В Постпроцессоре	Создать на основе выбранного граничного условия Супергруппу в Постпроцессоре
Свойства	Вызвать окно Свойства

Окно Свойства **Граничного условия**:

Название	Название Граничного условия	
Тип	Тип Границы :	
	'Стенка'	
	'Симметрия'	
	'Вход/Выход'	
	'Свободный выход'	
	'Неотражающее'	
	'Связанное' ¹⁾	
Шероховатость	Величина шероховатости стенки (только для типа Стенка)	[м]
Угол смачивания	Угол смачивания стенки (только для типа Стенка)	[рад]
Локальная СК	Выбор локальной системы координат из выпадающего списка. Для выбора доступны только заранее созданные Локальные системы координат .	



*По умолчанию граничные условия задаются в абсолютной системе координат!
"Нет" = "Абсолютная система координат"*

Вращение	Добавление учета вращения поверхности граничного условия. Для выбора доступны Вращения , заранее созданные на Локальной системе координат , выбранной для данного граничного условия.
Адаптация	Задание адаптации в районе поверхности с данным граничным условием.
Включить	Включение адаптации

Макс.уровень	Максимальный уровень адаптации сетки в районе поверхности с данным граничным условием.
Слоев ячеек	Минимальное количество ячеек максимального уровня адаптации, расположенных в направлении нормали к поверхности с данным граничным условием.
Цвет	Цвет поверхности, на которой задано данное граничное условие (справочная информация).
Площадь	Площадь поверхности, на которой задано данное граничное условие (справочная информация).
Переменные	Набор переменных, для которых определяются граничные условия ² .
Скорость	Тип Граничного условия для скорости.
Температура	Тип Граничного условия для температуры
ТурбЭнергия	Тип Граничного условия для турбулентной энергии
ТурбДиссипация	Тип Граничного условия для турбулентной диссипации
ТурбКинВязкость	Тип Граничного условия для турбулентной кинетической вязкости
ОбъемФазы	Тип Граничного условия для объема фазы

Задание значений переменных на граничных условиях осуществляется в окнах свойств [Переменных](#) - дочерних элементов **Граничных условий**.

Примечания:

1) Тип границы Связанное можно задать только на граничном условии, уже установленном на поверхности. Связанное граничное условие определяется только после задания [связи](#).

2) Набор переменных, для которых определяются граничные условия, задается набором [Физических процессов](#)

Фаза	Фаза, которой принадлежит данная переменная
Тип	Тип граничного условия
Значение/	Значение расчетной величины на граничном условии
Название	(если необходимо).
величины	

4.4.7.1.9.2 Геометрия

В этой папке содержится информация о геометрических группах Подобласти. Папка **Геометрия** содержит вложенные элементы **Группа #i**, соответствующие группам. Отображение содержимого папки задается в [Настройках](#).

Контекстное меню **Группы**:

Граничное условие	Установить Граничное условие на Группе .
Выбрать другую сторону	Выбрать другую сторону поверхности
Перегруппировать	Перегруппировать Группу
Свойства	См. Контекстное меню

Окно **Свойства Группы**

Граничное условие	Граничное условие, установленное на группе
Цвет	Цвет граничного условия, установленного на группе
Число треугольников	Число треугольников, принадлежащих группе
Площадь	Площадь группы

4.4.7.1.9.3 Модификаторы

Модификаторы - элементы, которые позволяют изменять как расчетную область, так и само решение.

Типы Модификаторов

1. [Подвижные тела](#)

Контекстное меню папки Модификаторы:

Создать	См. Контекстное меню
Пакетный импорт...	Загрузить несколько импортированных объектов и создать на них Модификаторы

Подвижное тело - элемент геометрии, который может перемещаться по расчетной области в процессе моделирования. Подвижное тело создается на базе [Импортированного объекта](#), созданного в Препроцессоре.

Закон движения **Подвижного тела**:

$$V = V_0 + Om \left(\int F/m \cdot dt + \int F_{\text{гидро}}/m \cdot dt \right)$$

$$\omega = \omega_0 + Om \left(\int J^{-1} M dt + \int J^{-1} M_{\text{гидро}} dt \right)$$

Контекстное меню **Подвижного тела**:

Удалить	См. Контекстное меню
Установить ГУ	Установить Граничное условие на поверхности Подвижного тела .
Перегруппировать геометрию...	Перегруппировать геометрию Подвижного тела
Трансформировать геометрию...	Трансформировать геометрию Подвижного тела
Загрузить новую геометрию...	Заменить геометрию Подвижного тела
Экспортировать геометрию...	Экспортировать геометрию Подвижного тела в файл
Свойства	См. Контекстное меню

Окно Свойства Подвижного тела:

Операции



Установить подвижное тело в начальное положение



Сделать текущее положение начальным.

Название

Название подвижного тела

Объект

Объект, на котором создано подвижное тело

Активность

Параметры, контролирующие присутствие подвижного тела в расчетной области.

Тип

'Неактивный' - подвижное тело не присутствует в расчетной области.

'Одноразовый' - подвижное тело присутствует в расчетной области только на первой итерации после запуска на расчет.

'Постоянный' - подвижное тело постоянно присутствует в расчетной области.

'Активация по времени' - подвижное тело появляется в расчетной области через указанное время.

'Активация по шагам' - подвижное тело появляется в расчетной области через указанное число шагов.

Число секунд

Время, через которое подвижное тело появляется в расчетной области [с] (используется, когда Тип='По времени')

Число шагов

Количество итераций, через которое подвижное тело появляется в расчетной области (используется, когда Тип='По шагам')

Обновление

Группа параметров, управляющих обновлением положения подвижного тела

Тип

Способ обновления:

'Отключено' – положение подвижного тела не обновляется.

'Автоматическое' – положение подвижного тела обновляется на каждом шаге.

'По времени' – обновление положения подвижного тела происходит через указанное времени.

'По шагам' – обновление положение подвижного тела происходит через указанное количество шагов.

Число секунд

Время, через который происходит обновление (используется, когда Тип='По времени') [с]

Число шагов

Количество итераций, через которое происходит обновление (используется, когда Тип='По шагам')

Массовые характеристики

Масса

Масса подвижного тела
m

[кг]

Центр инерции	Координаты центра инерции	
	 <i>Координаты центра инерции задаются в локальной системе координат подвижного тела!</i>	
X	x	[М]
Y	y	[М]
Z	z	[М]
Момент инерции0	Момент инерции подвижного тела по OX	
X	J_{xx}	[кг м ²]
Y	J_{xy}	[кг м ²]
Z	J_{xz}	[кг м ²]
Момент инерции1	Момент инерции подвижного тела по OY	
X	J_{yx}	[кг м ²]
Y	J_{yy}	[кг м ²]
Z	J_{yz}	[кг м ²]
Момент инерции2	Момент инерции подвижного тела по OZ	
X	J_{zx}	[кг м ²]
Y	J_{zy}	[кг м ²]
Z	J_{zz}	[кг м ²]
Поступательное движение	Группа параметров, задающая закон поступательного движения тела	
Скорость	Начальная поступательная скорость движения тела абсолютной системе координат	
X	V_x	[м с ⁻¹]
Y	V_y	[м с ⁻¹]
Z	V_z	[м с ⁻¹]
Внешняя сила	Внешняя сила, действующая на тело в абсолютной системе координат	
X	F_x	[Н]
Y	F_y	[Н]
Z	F_z	[Н]
ГидроСила	Гидродинамическая сила, действующая на тело в абсолютной системе координат (F_{hydro} , рассчитывается автоматически)	
X	'Да' - включить влияние гидродинамической силы на движение подвижного тела по OX 'Нет' - отключить влияние гидродинамической силы на движение подвижного тела по OX	
Y	'Да' - включить влияние гидродинамической силы на движение подвижного тела по OY 'Нет' - отключить влияние гидродинамической силы на движение подвижного тела по OY	
Z	'Да' - включить влияние гидродинамической силы на движение подвижного тела по OZ 'Нет' - отключить влияние гидродинамической силы на движение подвижного тела по OZ	
Демпфирующий параметр	Коэффициент демпфирования гидродинамической силы	
Вращение	Группа параметров, задающая закон вращательного движения тела	
Использовать центр инерции	'Да' - использовать Центр инерции в качестве Центра вращения 'Нет' - задать координаты Центра вращения	
Центр вращения	Координаты центра вращения в системе координат подвижного тела.	
X		[М]
Y		[М]
Z		[М]
Скорость вращения	Начальная скорость вращения тела абсолютной системе координат	
X	ω_x	[с ⁻¹]
Y	ω_y	[с ⁻¹]
Z	ω_z	[с ⁻¹]

Внешний момент	Внешний момент, действующий на тело в абсолютной системе координат	
X	M_x	[Н м]
Y	M_y	[Н м]
Z	M_z	[Н м]
ГидроМомент	Гидродинамический момент, действующий на тело в абсолютной системе координат (M_{hydro} , рассчитывается автоматически)	
X	'Да' - включить влияние гидродинамического момента на вращение подвижного тела вокруг OX 'Нет' - отключить влияние гидродинамического момента на вращение подвижного тела вокруг OX	
Y	'Да' - включить влияние гидродинамического момента на вращение подвижного тела вокруг OX 'Нет' - отключить влияние гидродинамического момента на вращение подвижного тела вокруг OX	
Z	'Да' - включить влияние гидродинамического момента на вращение подвижного тела вокруг OX 'Нет' - отключить влияние гидродинамического момента на вращение подвижного тела вокруг OX	
Демпфирующий параметр	От	
Начальное положение	Начальное положение подвижного тела. См. Общие параметры объектов - Расположение	

Процесс задания **Подвижного тела**:

- В папке Препроцессора **Объекты** создается [Импортированный объект](#), задающий геометрию Подвижного тела;
- Затем в соответствующей **Подобласти** в папке **Модификаторы** с помощью контекстного меню вызывается диалог создания **Подвижного тела**, где в качестве **Типа модификатора** выбирается Подвижное тело, а в качестве **Объекта** – предварительно загруженный [Импортированный объект](#);



Подвижное тело может быть создано только на Импортированном объекте, на котором не задано [Движение](#).

- После этого в окне свойств созданного **Подвижного тела** необходимо настроить его свойства.



*После создания Подвижного тела на Импортированном объекте свойства Импортированного объекта становятся **нераз редактируемыми**.*

4.4.7.1.9.4 Критерии адаптации

Критерий адаптации - условие, определяющее разбиение или слитие ячеек в указанном объекте до указанного уровня.

Существуют два типа критериев адаптации:

Характеристика	Адаптация	Адаптация к решению
зависимость от решения	нет	есть
область действия	объем выбранного объекта поверхность выбранного объекта	объем выбранного объекта
ограничение на число расчетных ячеек	нет	на общее число расчетных ячеек подобласти, включая
направление действия	разбить/слить	разбить или слить в зависимости от решения
срабатывание критерия	как указано в параметрах активации - или - перед началом расчета (если изменились входные данные для расчета, перестраивается расчетная сетка или маска)	как указано в параметрах активации

Характеристика	Адаптация	Адаптация к решению
	- или - если срабатывает какой-либо критерий адаптации к решению	

Если в одной и той же части расчетной области активны несколько критериев адаптации, то приоритет критерия, разбивающего ячейки, выше чем объединяющего.

Адаптация - элемент, разбивающий или сливающий ячейки расчетной сетки до указанного уровня в объеме или на поверхности заданного объекта.

Контекстное меню папки **Адаптация**:

Создать См. [Контекстное меню](#)

Окно **Свойства** папки **Адаптация**:

Активность	Параметры активности всех адаптаций
Тип	'Неактивный' - адаптации неактивны. 'Одноразовый' - адаптации активны только на первой итерации после запуска на расчет. 'Постоянный' - адаптации активны постоянно 'Активация по времени' - адаптация активизируется через указанное время. 'Активация по шагам' - адаптация активизируется через заданное количество шагов
Число секунд	Время, через которое активизируется адаптация (используется, когда Тип='По [с] времени')
Число шагов	Количество итераций, через которое активизируется адаптация (используется, когда Тип='По шагам')

Контекстное меню **Адаптации #i**:

Создать	См. Контекстное меню
Копировать	См. Контекстное меню
Удалить	См. Контекстное меню
Свойства	См. Контекстное меню

Окно **Свойства Адаптации #i**:

Название	Название адаптации
Объект	Объект, на котором задана адаптация
Активность	Активность адаптации
Макс.уровень	Максимальный уровень разбиения ячеек
Разбить/Слить	'Разбить' - разбить ячейки до максимального уровня 'Слить' - слить ячейки до максимального уровня
Область	'В объеме' - применить адаптацию в объеме Объекта 'На поверхности' - применить адаптацию на поверхности Объекта

Внимание!

В процессе расчета активные критерии **Адаптации** срабатывают, если срабатывает какой-либо критерий [Адаптации к решению](#).

Адаптация к решению - элемент, разбивающий до указанного уровня или сливающий ячейки в объеме заданного объекта в области указанного значения переменной или максимального градиента переменной.

Условие адаптации - значение или градиент переменной, по которым проходит адаптация. Одна адаптация может иметь несколько критериев.

Окно **Свойства Адаптации к решению**

Активность	Параметры активности всех адаптаций
Тип	'Неактивный' - адаптации неактивны. 'Одноразовый' - адаптации активны только на первой итерации после запуска на расчет. 'Постоянный' - адаптации активны постоянно 'Активация по времени' - адаптация активизируется через указанное время. 'Активация по шагам' - адаптация активизируется через заданное количество шагов
Число секунд	Время, через которое активизируется адаптация (используется, когда Тип='По [с]

Число шагов	времени') Количество итераций, через которое активизируется адаптация (используется, когда Тип='По шагам')
Макс. уровень	Максимальный уровень разбиения ячеек
Количество ячеек	Общее число расчетных ячеек данной Подобласти

Окно **Свойства Адаптации #i**:

Название	Название адаптации
Объект	Объект , на котором задана адаптация
Активность	Активность адаптации

Контекстное меню **Адаптации #i**:

Создать	См. Контекстное меню
Копировать	См. Контекстное меню
Удалить	См. Контекстное меню
Создать условие	Добавить условие адаптации
Свойства	См. Контекстное меню

Окно **Свойства Условия**:

Переменная	Переменная, по которой проводится адаптация
Значение/Градиент	'Значение' - адаптировать сетку в области указанного значения переменной 'Градиент' - адаптировать сетку в области максимального градиента переменной
Значение	Значение переменной, используемое при адаптации (доступно только при адаптации по значению)
Вес	Вес критерия

Примечание:

Чем больше вес критерия, тем больше ячеек будет адаптировано посредством него.

4.4.7.1.9.5 Начальные условия

Начальные условия - начальные значения переменных, устанавливаемые в объеме заданного [Объекта](#). Значения переменных задаются в [Начальных данных](#).

Окно **Свойства Начальных условий**:

Название	Название Начальных условий
Объект	Объект , в котором задаются начальные условия
Нач.данные	Начальные данные .
Значения	Значения переменных в Начальных данных (справочная информация).

Контекстное меню **Начальных условий**:

Создать	См. Контекстное меню
Копировать	См. Контекстное меню
Удалить	См. Контекстное меню
Переместить вверх	Переместить Начальное условие на одну позицию вверх в списке
Переместить вниз	Переместить Начальное условие на одну позицию вниз в списке
Свойства	См. Контекстное меню

Процедура задания **Начальных условий**:

- В [Модели](#), загруженной в [Подобласть](#), создаются [Начальные данные](#). В них задаются значения переменных.
- В папке [Объекты](#) создается объект, формирующий область задания **Начальных условий**.
- В папке **Начальные условия** создаются **Начальные условия**. В окне **Свойства Начальных условий** задаются **Объект** и **Начальные данные**

Примечания:

1. Для того, чтобы начать расчет с некоторого ненулевого поля расчетных переменных, используются

Начальные условия. Задание **Начальных условий** не является обязательным. По умолчанию создаются нулевые **Начальные условия** во всей Подобласти. Также если в какой-то части Подобласти не определены начальные условия, то в этой части они будут полагаться нулевыми.

- Приоритет **Начальных условий** определяется их положением в списке. Положение в списке может быть изменено посредством команд контекстного меню.

4.4.7.1.10 Граничные связи

Граничные связи предназначены для задания связи между двумя подобластями с помощью специальных граничных условий.

Процедура связывания граничных условий:

- В **Подобласти** в папке **Граничные условия** создается граничное условие, имеющее тип **Связанный**.
- Граничное условие типа **Связанный** устанавливается на какую-то поверхность (если оно не было расставлено на поверхность автоматически).
- В текущей версии Связываемые граничные условия могут быть установлены только на разные стороны одной и той же поверхности!*
- Как только какое-то **Связанное** граничное условие установлено на поверхности, то в папке **Несвязанные ГУ** появляется соответствующий элемент.



До тех пор пока в папке **Несвязанные ГУ** присутствуют какие-то элементы, проект не может быть запущен на расчет!

- Из пары элементов, присутствующих в папке **Несвязанные ГУ**, создается элемент **Связка**. Связка объединяет в пару два граничных условия ¹⁾
- В папке **Условия связи** создается элемент **Условие связи #i** и определяются его свойства:
 - Тип связи,
 - Модель#0** и **Модель#1** (могут совпадать),
 - Набор связанных переменных и переменных моделей (*в текущей версии не редактируется*),
 - Тип граничного условия для каждой связанной или несвязанной переменной (*в текущей версии не редактируется*),
- Для каждой **Связки** указывается **Условие связи** из списка предварительно созданных.

Примечание:

- При создании **Связки** оба несвязанных граничных условия, входящих в **Связку**, автоматически удаляются из папки **Несвязанные ГУ** после задания ВСЕХ параметров в редакторе свойств **Связка**.

4.4.7.1.10.1 Условия связи

Условие связи - параметры связи расчетных переменных двух связываемых моделей.

Типы условий связи:

Сопряженный теплообмен - связь осуществляется по переменной Температура. Допустимо использовать для связывания как одной, так и разных моделей, в которых задан расчет уравнения Теплопереноса.

Полное сопряжение - связь осуществляется по всем переменным. Допустимо использовать для связывания одной модели.

Папка **Условия связи** содержит все созданные Условия связи

Контекстное меню папки **Условия связи**:

Создать См. [Контекстное меню](#)

Контекстное меню **Условия связи #i**

Создать См. [Контекстное меню](#)

Удалить См. [Контекстное меню](#)

Свойства См. [Контекстное меню](#)

Окно Свойства **Условия связи #i**:

Название Название элемента

Тип связи Тип условия связи

Модель 1 Связываемая модель

Модель 2 Связываемая модель

Условие связи #i имеет следующие дочерние папки:

1. [Переменные](#)
2. [Связки](#)

Процедура создания условия связи:

- В контекстном меню папки **Условия связи** выберите Создать
- В появившемся окне **Образование условия связи задайте**

Тип связи	Тип условия связи
Модель 1	Связываемая модель
Модель 2	Связываемая модель



После создания условия связи редактирование его параметров невозможно!

Папка **Переменные** содержит три подпапки:

1. **Связанные** – список связанных переменных.
2. **Модель #1** – список несвязанных переменных **Модели #1**.
3. **Модель #2** – список несвязанных переменных **Модели #2**.

Папка **Связки** содержит **Связки**, на которых заданно данное **Условие связи**

Контекстное меню папки **Связки**

Контекстное меню:

Добавить/убрать Вызвать [Окно выбора](#)

Редактирование набора **Связок** осуществляется посредством **Окна выбора**.

4.4.7.1.10.2 Связки

Связка - элемент, устанавливающий соответствие между двумя поверхностями. Связку можно задать только между [Несвязанными ГУ](#). В текущей версии Связку можно задать только между двумя сторонами одной поверхности.

Контекстное меню папки **Связки**

Создать См. [Контекстное меню](#)

Контекстное меню **Связки #i**

Создать См. [Контекстное меню](#) (недоступно при отсутствие элементов в папке [Несвязанные ГУ](#))

Удалить См. [Контекстное меню](#)

Свойства См. [Контекстное меню](#)

В диалоге создания новой связки выбираются пары граничных условия из списка [Несвязанных ГУ](#) .



После создания связки редактирование ее параметров невозможно!
Удалять можно только связки, не используемые в условиях связи!

4.4.7.1.10.3 Несвязанные ГУ

Папка **Несвязанные ГУ** содержит **Несвязанные граничные условия**

Несвязанные граничные условия - граничные условия, имеющие тип **Связанный**, установленные на какой-либо поверхности и не задействованные в Связке. Граничные условия попадают в эту папку автоматически.

Граничные условия из этого списка используются при создании Связок. Как только граничное условие из списка **Несвязанные ГУ** входит в какую-то связку, оно исключается из списка **Несвязанные ГУ**.



До тех пор пока в этой папке присутствуют какие-то элементы, проект не может быть запущен на расчет!

4.4.7.1.11 Начальная сетка

Элемент **Начальная сетка** служит для задания сетки первого уровня.

Окно **Свойства Начальной сетки:**

Операции



Вызвать [Редактор начальной сетки](#)



Вызвать [Альтернативный редактор начальной сетки](#)

- nX Число ячеек по направлению X
- X Папка, содержащая координаты сеточных линий по X
- [i] Координаты i-ой сеточной линии по X
- nY Число ячеек по направлению Y
- Y Координаты i-ой сеточной линии по Y
- [i] Папка, содержащая координаты сеточных линий по Y
- nZ Число ячеек по направлению Z
- Z Папка, содержащая координаты сеточных линий по Z
- [i] Координаты i-ой сеточной линии по Z

Контекстное меню **Начальной сетки:**

- Экспортировать в текстовый файл Сохранить сетку в текстовый файл
- Импортировать из текстового файла Загрузить сетку из текстового файла
- Свойства См. [Контекстное меню](#)

4.4.7.1.11.1 Редактор начальной сетки

Терминология:

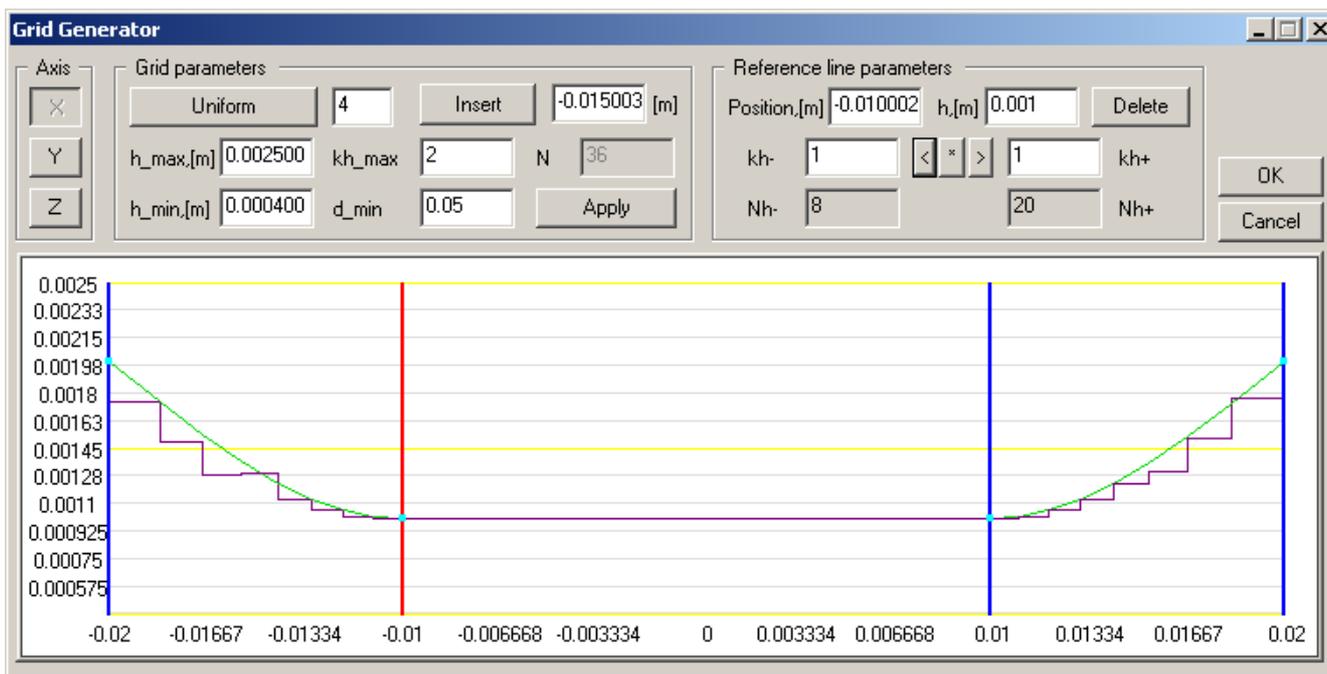
Шаг сетки - расстояние между соседними линиями сетки/размер ячейки.

$$kh = \frac{h_{i+1}}{h_i}$$

Соотношение между шагами - соотношение между размерами соседних ячеек

Опорная линия - линия сетки, на которой задается шаг сетки и соотношения между соседними шагами справа и слева от линии.

Редактор начальной сетки позволяет автоматически строить сетку с заданным шагом и соотношениями между соседними шагами на определенных сеточных линиях.



Вверху окна Редактора расположены элементы управления, а внизу – графическое окно Редактора. В графическом окне редактора сетки отображается графическое представление сетки.

Элементы графического окна:

На графике по оси абсцисс отложены значения координат по выбранной оси ($x_{i,j}$, где $i=1\in\mathbb{B}$, $j=1\in\mathbb{N}$), по оси ординат отложено значение шага сетки ($h_j=x_{i,j}-x_{i,j-1}$).

Синие вертикальные линии - опорные линии сетки,

Красная вертикальная линия - выбранная опорная линия. Выбор и сдвиг опорной линии может производиться прямо на графике с помощью мыши (\leftarrow).

Зеленая линия - аппроксимирующий кубический сплайн для значения шага сетки.

Фиолетовая ступенчатая линия - значение шага сетки.

Голубые маркеры на опорных линиях - значения шага сетки (h_j) на этой линии. Изменение шага сетки на опорной линии может производиться прямо на графике с помощью мыши (\updownarrow).

Элементы управления:

Ось	Группа элементов для выбора оси для задания сетки.	
X		
Y		
Z		
Параметры сетки		
Равномерно	Равномерно расставить указанное количество опорных линий.	
Вставить	Вставить опорную линию на указанную позицию ¹⁾ .	[M]
h_max, [M]	Максимальный шаг сетки ²⁾ .	[M]
h_min, [M]	Минимальный шаг сетки ³⁾ .	[M]
kh_max	Максимально допустимое соотношение соседних шагов ⁴⁾ .	
d_min	Минимально допустимое расстояние между двумя опорными линиями ⁵⁾ . Задается в долях от длины расчетной области.	
N	Количество сеточных линий (справочная информация).	
Применить	Применить изменения в Параметрах сетки ⁶⁾	
Параметры базовой линии	Параметры базовой линии, выбранной в графическом окне редактора ⁷⁾	
Коорд., [M]	Координата выбранной базовой линии	
h, [M]	Шаг сетки на выбранной базовой линии ⁸⁾	
kh-	Соотношение между соседними шагами слева от выбранной базовой линии	
kh+	Соотношение между соседними шагами справа от выбранной базовой линии	
<	Копировать значение kh+ в kh-	
*	Задать для kh- в kh+ значения по умолчанию.	
>	Копировать значение kh- в kh+	
Nh-	Количество сеточных линий слева от выбранной базовой линии	
Nh+	Количество сеточных линий справа от выбранной базовой линии	
Ok	Применить изменения и вызвать окно Статистики сетки .	
Cancel	Выйти из редактора сетки без сохранения изменений.	

После нажатия кнопки Ok появляется окно **Статистики сетки**:

Общее количество ячеек	Общее число ячеек в расчетной области
Максимальное соотношение	Максимальное соотношение между сторонами одной ячейки (в скобках указаны координаты ячейки)
Nh	Число ячеек по направлению
h_max	Максимальный шаг сетки по направлению
h_min	Минимальный шаг сетки по направлению
kh_max	Максимальное соотношение между соседними шагами сетки по направлению.
OK	Выйти из редактора сетки
Отмена	Вернуться в редактор сетки.
Сохранить	Сохранить статистику сетки в текстовый файл.

Для того, чтобы задать начальную расчетную сетку с помощью этого редактора, пользователь должен задать:

- значения общих управляющих параметров;
- положение необходимого количества опорных линий;
- значения управляющих параметров на опорных линиях.

После этого ячейки сетки между опорными линиями будут заданы редактором автоматически в соответствии с управляющими параметрами.

Примечания:

¹⁾ По умолчанию положение линии - середина интервала слева от выбранной опорной линии.

2) Максимальный шаг сетки h_{\max} ограничивается условием $h_{\max} \leq \frac{d_{\min, \text{real}} \left(1 - \frac{1}{k_h}\right)}{2}$, где $d_{\min, \text{real}}$ – фактическое минимальное расстояние между опорными линиями.

3) Минимальный шаг h_{\min} ограничивается условием $1.001 \leq \frac{h_{\max}}{h_{\min}} \leq 1000$. По умолчанию минимальный шаг

выбирается из условия $\frac{h_{\max}}{h_{\min}} = 10$.

4) Максимальное соотношение между шагами kh_{\max} может изменяться в диапазоне $1.01 \leq kh_{\max} \leq 2$. По умолчанию $kh_{\max} = 1.2$.

5) О ограничивается условием $0.025 \leq d_{\min} \leq 0.5$. По умолчанию полагается равным 0.05.

6) При этом производится проверка корректности задаваемых значений, в случае необходимости значения шага пропорционально корректируются.

7) Все параметры этой группы применяются после нажатия **Enter**

8) При построении кубического сплайна полученный шаг h на опорной линии может не соответствовать заданному (он может оказаться меньше заданного). В этом случае следует задавать шаг чуть больше требуемого.

4.4.7.1.11.2 Альтернативный редактор начальной сетки

Терминология:

Шаг сетки - расстояние между соседними линиями/размер ячейки.

$$kh = \frac{h_{i+1}}{h_i}$$

Соотношение между шагами - соотношение между размерами соседних ячеек

Коэффициент соотношения между шагами - коэффициент f , задающий соотношение между соседними

$$kh = \begin{cases} 1+f, & f \geq 0 \\ \frac{1}{1-f}, & f < 0 \end{cases}$$

шагами по формуле

Опорная линия - линия сетки, на которой задаются соотношения между соседними шагами справа и слева от линии.

Управляющая опорная линия - линия сетки, на которой задается шаг сетки и соотношения между соседними шагами справа и слева от линии.

Интервал - интервал между двумя опорными линиями.

Управляющий интервал - интервал между двумя опорными линиями, на котором задается число линий сетки.

Альтернативный генератор сетки предоставляет пользователю три способа генерации сетки:

- Шаг (h_i) - задание шага сетки на управляющей опорной линии и соотношения между шагами сетки на остальных опорных линиях.
- Шаг (N_i) - задание количества сеточных линий на управляющем интервале и соотношения между шагами сетки на опорных линиях.
- N общее - задание количества сеточных линий на оси и соотношения между шагами сетки на опорных линиях.

Структура Альтернативного генератора сетки:

Верхняя часть генератора - элементы управления

Нижняя часть генератора - Графическое окно

Правая часть генератора - Окно свойств выбранного элемента (опорной линии или интервала)

Элементы управления **Альтернативного генератора сетки**:

X	Задать параметры сетки по оси X
Y	Задать параметры сетки по оси Y
Z	Задать параметры сетки по оси Z

Apply	Применить значения параметров.
Выпадающий список	Выбор метода задания сетки: Шаг (hi) Шаг (Ni) N общие
h min	Минимальный шаг сетки на оси (справочная информация)
h max	Максимальный шаг сетки на оси (справочная информация)
N total	Реальное количество ячеек на оси (справочная информация)
N user	Количество ячеек на оси, заданное пользователем (доступно для редактирования только в способе генерации сетки N total). ¹⁾
f max	Максимальный модуль коэффициента соотношения между шагами.
d min	Минимальное расстояние между двумя опорными линиями.
C max	Коэффициенты, ограничивающие максимальное и минимальное
C min	значение шага ²⁾ .

Элементы **Графического окна**:

Ось абсцисс - выбранная координатная ось расчетной области. По оси абсцисс отложены координаты по выбранной оси (в [м]).

Ось ординат - ось, на которой отложены значения шага сетки (с [м]).

Черные линии - опорные линии сетки.

Красная линия - выбранная опорная линия сетки (ее свойства отображаются в окне справа). Положение линии может быть изменено при помощи курсора мыши.

Линия с синей стрелкой наверху - управляющая опорная линия.

Желтая точка на оси абсцисс - середина интервала.

Красная точка на оси абсцисс - середина выбранного интервала (его свойства отображаются в окне справа)

Точка с синей стрелкой на оси абсцисс - середина опорного интервала.

Зеленые стрелки слева и справа на опорной линии - значения соотношений между соседними шагами слева и справа от опорных линий. Стрелки можно перемещать в графическом окне при помощи курсора мышки.

Контекстное меню элементов **Графического окна**:

Добавить опорную линию	Добавить опорную линию посередине выбранного интервала (доступно только на интервале)
Удалить опорную линию	Удалить выбранную опорную линию (доступно только на опорной линии, находящейся внутри расчетной области)
Сделать опорную линию управляющей	Сделать опорную линию управляющей (доступно только при способе генерации сетки Step (hi) на неуправляющей опорной линии)
Установить управляющий интервал	Сделать интервал управляющим (доступно только при способе генерации сетки Step (Ni) на неуправляющем интервале)

Окно **Свойства Опорной линии**:

Положение	Координата линии на оси
Коэффициент шага	Коэффициенты соотношения между соседними шагами
Пользовательский слева	Соотношение между шагами слева от опорной линии, задаваемое пользователем ¹⁾
Реальный слева	Реальное соотношение между шагами слева от опорной линии (справочная информация)
Пользовательский справа	Соотношение между шагами справа от опорной линии, задаваемое пользователем ¹⁾
Реальный справа	Реальное соотношение между шагами справа от опорной линии (справочная информация)
Управляющая линия	'Yes' - опорная линия является управляющей. 'No' - опорная линия не является управляющей.
Шаг сетки	Параметры шага сетки на линии (только для способа задания сетки Step hi)
Пользовательский	Шаг сетки на линии, задаваемый пользователем (доступно для редактирования только на Управляющей опорной линии)
Реальный слева	Реальный шаг сетки справа от линии (справочная

информация)¹⁾
 Реальный справа Реальный шаг сетки слева от линии (справочная информация)¹⁾

Окно **Свойства Интервала** (доступно только в способе задания сетки Step Ni):

Количество ячеек

Пользовательское Количество ячеек на интервале, задаваемое пользователем

Реальное Реальное количество ячеек на интервале

Управляющий интервал 'Да' - интервал является управляющим
 'Нет' - интервал не является управляющим

Примечания:

¹⁾ Реальное значение параметра может немного отличаться от значения параметра, заданного пользователем.

²⁾ Ограничения на максимальный и минимальный шаги:

Способ Шаг hi:

$$h_{\max} \leq c_{\max} h_c$$

$$h_{\min} \geq c_{\min} h_c$$

Способ Шаг Ni

Способ N общее

$$h_{\min} \geq \frac{c_{\min}}{c_{\max}} l_{\text{int}}$$

на каждом интервале

l_{int} - длина интервала

4.4.7.2 Солвер

В дереве Солвера задаются параметры, управляющие расчетом и сохранением проекта:

1. [Шаг по времени](#),
2. [Дополнительные настройки](#)
3. [Автосохранение данных](#)
4. [Автосохранение слоев](#)
5. [Условия останова](#)

4.4.7.2.1 Шаг по времени

В окне Свойств элемента **Шаг по времени** задаются параметры шага по времени:

Способ	Способ задания шага по времени 'В секундах' - задание постоянного шага по времени 'Числом КФЛ' - задание шага по времени в терминах числа КФЛ
Постоянный шаг	Величина постоянного шага по времени
Число КФЛ	Величина числа КФЛ
Макс. шаг	Максимально возможная величина шага по времени при расчете с числом КФЛ

4.4.7.2.2 Доп. настройки

В окне элемента **Дополнительные настройки** находятся параметры, управляющие методом решения:

Численный метод

Разностная схема Схема аппроксимации при конвективном переносе:
 '1-й порядок'

Скошенная схема '2-й порядок'
 Включение скошенной схемы

Тип схемы Выбор типа схемы:

Неявная
 Явная
 Полуявная

Интегр. по времени Выбор схемы расчета по времени ¹⁾:

Стандартный
 Стационарность

Совместное решение

Предиктор-корректор

Алгебр. решатель

Параметры метода решения системы алгебраических уравнений

Макс. алгебр. невязка	Точность сходимости уравнения, при достижении которой процесс решения уравнения на текущей итерации будет остановлен. Текущее значение алгебраической невязки отображается в окне Мониторинга расчета на закладке Статус в колонке Алгебраическая невязка.
Макс. число итераций	Максимальное количество итераций, допустимое при решении уравнения за один шаг по времени. Текущее значение количества итераций отображается в окне Мониторинга расчета на закладке Статус в колонке Итерации
Проверка решения	Дополнительная проверка сходимости решения.
Ограничители для экспорта	Эти величины ограничивают значения температуры и давления, которые используются для вычисления сил и тепловых потоков, передающихся в системы конечно-элементного анализа (FEA). Значения ограничителей для экспорта задаются в <u>относительных</u> величинах
Давление мин.	
Давление макс.	
Температура мин.	
Температура макс.	
Ограничители для расчета	Эти величины ограничивают значения температуры и давления, которые могут достигаться в ходе решения. Значения ограничителей задаются в <u>абсолютных</u> величинах.
Давление абс, мин.	
Давление абс, макс	
Температура абс, мин	
Температура абс, макс	
Многофазность	
Фаза консервативна	Дополнительный учет сохранения количества жидкости. Имеет смысл включать только в задачах с переносом фазы, в случае когда жидкость не втекает и не вытекает из расчетной области. Для разработчиков
Релаксация	
Маленькие ячейки ²⁾	Выбор критерия определения маленьких ячеек 'Абсолютный' - ячейка является маленькой, если после обрезания геометрией ее объем составляет менее 20% от исходной 'Относительный' ³⁾ - ячейка является маленькой, если ее объем меньше 20% от объема самой большой соседней ячейки.
Критерий	
Параметры декомпозиции	
Метод	Выбор метода разбиения сетки по процессорам: 'Автоматический' - базовый алгоритм разбиения сетки по процессорам 'Вдоль оси' - разбиение сетки по процессорам вдоль выбранной оси 'Вдоль двух осей' - разбиение сетки по процессорам вдоль двух выбранных осей
Вдоль оси	
Ось	Выбор оси, вдоль которой производится разбиение по процессорам
Вдоль двух осей	
Ось0	Выбор осей, вдоль которых производится разбиение по процессорам
Ось1	
Число процессоров	Для разработчиков
Проверять сетку	Проверка правильности построения расчетной сетки после каждого ее изменения.
Параметры модели зазора	
Кол-во делений	Для разработчиков
Турбулентность	
Дист. через потенциал ⁴⁾	Вычисление расстояния до стенки через потенциал
Ню турб. мин./Ню мол. ⁴⁾	Минимальное отношение турбулентной вязкости к молекулярной вязкости
Ню турб. макс./Ню мол. ⁴⁾	Максимальное отношение турбулентной вязкости к молекулярной вязкости
Y+ мин ⁴⁾	Минимальное значение Y+
Шероховатость+ мин. ⁴⁾	Минимальное значение шероховатости.

Примечание:

¹⁾В большинстве задач рекомендуется использовать Стандартный. В стационарных задачах со сжимаемыми течениями рекомендуется использовать Стационарность. Это отключает учет изменения энтальпии в зависимости от времени. В задачах с массопереносом рекомендуется использовать Совм. решение (эта схема осуществляет подправку скорости в уравнении конвективно-диффузионного переноса на каждой внутренней итерации. Следует иметь в виду, что использование этой опции существенно замедляет расчет, но в некоторых задачах позволяет избежать нефизических итераций). При расчете движения тел, для которых включен учет действия гидродинамических сил, рекомендуется использовать Предиктор-корректор)

(предназначен для увеличения точности расчета уравнений Навье-Стокса при ускоренном движении тел в расчетной области).

²⁾Маленькие ячейки подлежат слитию с соседними ячейками.

³⁾Относительный критерий определения маленьких ячеек рекомендуется использовать при моделировании течения в секторах малых градусов.

⁴⁾Более подробно описание параметров расчета турбулентности см. том Теория.

4.4.7.2.3 Автосохранение данных

В окне Свойства элемента **Автосохранение данных** задаются параметры сохранения результатов расчета:

История	Включение записи истории расчета (запись промежуточных результатов расчета)
Частота	
Тип	'Отключено' - запись промежуточных результатов отключена 'Автоматический' - запись промежуточных результатов производится на каждом шаге 'По времени' - запись промежуточных результатов производится через определенное время 'По итерациям' - запись промежуточных результатов расчета производится через определенное количество итераций
Число секунд	Время, через которое производится запись промежуточных результатов (активно, если Тип = По времени)
Число шагов	Число шагов, через которое производится запись промежуточных результатов (активно, если Тип = По итерациям)

Запись истории расчета позволяет работать с промежуточными результатами расчета:

1. сохранять промежуточные результаты в ходе расчета;
2. просматривать промежуточные результаты после завершения расчета с использованием инструментов панели [Навигации](#);
3. автоматически обрабатывать промежуточные результаты после завершения расчета с использованием инструментов панели [Навигации](#) и режима [Последовательного сохранения картинок](#);
4. выборочно удалять результаты посредством [Выборочного удаления записей](#);
5. продолжать расчет с последнего сохраненного результата, изменив при этом параметры задачи.

4.4.7.2.4 Автосохранений слоев

В окне Свойства элемента **Автосохранение слоев** задаются параметры сохранения информации для визуализации:

История	Включение записи истории визуализации (запись промежуточной информации для визуализации)
Частота	
Тип	'Отключено' - запись промежуточной информации для визуализации отключена 'Автоматический' - запись промежуточной информации для визуализации производится на каждом шаге 'По времени' - запись промежуточной информации для визуализации производится через определенное время 'По итерациям' - запись промежуточной информации для визуализации производится через определенное количество итераций
Число секунд	Время, через которое производится запись промежуточной информации для визуализации (активно, если Тип = По времени)
Число шагов	Число шагов, через которое производится запись промежуточной информации для визуализации (активно, если Тип = По итерациям)

Запись истории информации для визуализации позволяет работать с информацией с промежуточных итераций с заранее созданных слоев:

1. сохранять промежуточную информацию для визуализации в ходе расчета;
2. просматривать промежуточную информацию для визуализации без связи с Солвером посредством команды **Файл**→**Загрузить данные для визуализации**;

4.4.7.2.5 Условия останова

В папке **Условия останова** пользователь может задать критерии, по которым расчет будет остановлен автоматически.

Доступны три группы критериев:

1. [Отрезок времени](#)
2. [Итерации](#)
3. [Невязки](#)

4. [Пользовательские величины](#)

Компоненты окна элемента **Условия останова**:

Период	Общий период осреднения невязок рассчетных и пользовательских величин
Число шагов	Число шагов в интервале, на протяжении которого определяется разница между максимумом и минимумом рассчетных и пользовательских величин

4.4.7.2.5.1 Отрезок времени

Элемент **Отрезок времени** определяет время начала и окончания расчета.

Окно **Свойства Отрезка времени**:

Начало	Время начала расчета
Останов	Время, при достижении которого расчет будет остановлен

4.4.7.2.5.2 Итерации

Элемент **Итерации** определяет количество итераций, после которого следует остановить расчет.

Окно **Свойства Итераций**:

Количество	Количество итераций, после которого следует остановить расчет
------------	---

4.4.7.2.5.3 Невязки

Папка **Невязки** содержит набор критериев останова, основанных на [функциональных невязках](#) расчетных переменных.

Окна элементов папки Невязки содержат следующие компоненты:

Уровень	Уровень функциональной невязки ε . Если в течении числа шагов, указанного в Условиях останова, разница между максимумом и минимумом невязки становится меньше ε , расчет останавливается.
Осреднени	Включение осреднения величины невязки:
e	'По периоду' - осреднение по периоду, заданному для данной невязки 'По общему периоду' - осреднение по периоду, заданному для всех невязок (задается в окне Условий останова)
Период	Период осреднения для данной невязки (0 - нет осреднения)
Цвет	Цвет графика невязки

4.4.7.2.5.4 Пользовательские величины

Папка **Пользовательские величины** содержит набор критериев останова, основанных на [Функциональных невязках](#) следующих переменных, заданных в Препроцессоре:

1. [Интегральная скалярная пользовательская переменная](#)
2. Компонента [интегральной векторной пользовательской переменной](#)
3. Переменная, вычисляемая на [Характеристиках](#).

Окна элементов папки **Невязки** содержат следующие компоненты:

Название	Название критерия останова
Уровень	Уровень функциональной невязки ε . Если в течении числа итераций, указанного в Условиях останова, разница между максимумом и минимумом невязки становится меньше ε , расчет останавливается.
Осреднение	Включение осреднения величины невязки: 'Отключено' - нет осреднения 'По периоду' - осреднение по периоду, заданному для данной невязки 'По общему периоду' - осреднение по периоду, заданному для всех невязок (задается в окне Условий останова)
Период	Период осреднения для данной невязки (0 - нет осреднения)
Цвет	Цвет графика невязки
Объект	Элемент Препроцессора, используемый при задании переменной: 'Интегральная скалярная пользовательская переменная' 'Интегральная векторная переменная' 'Характеристики'
Компонента	Компонента Интегральной векторной пользовательской переменной (доступно, только если Объект = Интегральная векторная пользовательская переменная)
Группа	Группа, содержащая переменную в Характеристике (доступно, только если Объект = Характеристики)

Переменная Название переменной в Характеристике (доступно, только если Объект = Характеристике)

4.4.7.3 Постпроцессор

Постпроцессор **FlowVision** предоставляет следующие возможности визуального анализа течения жидкости:

- Набор стандартных методов визуализации течений (цветовые контуры, вектора, поверхность раздела сред, графики вдоль оси).
- Отображение легенды метода отрисовки в отдельном окне [Инфо](#).

Корневой элемент Постпроцессора - **3D-сцена**

Окно Свойства **3D-сцены**:

ДавлениеИдеал Значение давления, используемое при расчете значения переменной ЛокМоментИдеал

3D-сцена содержит следующие элементы:

1. [Физические переменные](#)
2. [Пользовательские переменные](#)
3. [Объекты](#)
4. [Характеристики](#)
5. [Слои](#)

4.4.7.3.1 Физические переменные

Физические переменные – переменные, создаваемые автоматически. Набор переменных определяется набором Физических процессов, определенными в Фазах. Переменные данной Фазы становятся доступными после добавления Фазы в Модель.

Типы стандартных переменных:

1. [Общие переменные](#)
2. [Переменные Фазы](#)

4.4.7.3.1.1 Общие переменные

Общие переменные - стандартные переменные, определенные во всех фазах. В папке **Общие переменные** находятся все переменные, расположенные во всех папках [Переменные Фазы](#). При этом, если в нескольких фазах определены одинаковые переменные, то в папке **Общие переменные** им будет соответствовать одна переменная. При визуализации значений такой переменной в нескольких фазах, в каждой фазе визуализация будет проведена по переменной, соответствующей данной фазе.

4.4.7.3.1.2 Переменные Фазы

Переменные Фазы - стандартные переменные, определенные в данной Фазе.

4.4.7.3.2 Объекты

Объекты – геометрические тела, которые являются основой для создания других элементов (в Постпроцессоре - [Характеристик](#) и [Слоев](#)). Объекты Постпроцессора задаются в папке **Объекты**.

Контекстное меню папки **Объекты**:

Создать	Создать новый объект
Пакетный импорт...	Загрузить несколько импортированных объектов

Объекты задаются:

1. на основе простейших геометрических тел,
2. на основе импортированной геометрии,
3. на основе граничного условия.

Виды объектов:

1. [Пространство](#)
2. [Линия](#)
3. [Плоскость](#)
4. [Параллелепипед](#)
5. [Конус/цилиндр](#)
6. [Эллипсоид/сфера](#)
7. [Импортированный объект](#)
8. [Супергруппа](#)

Создание и удаление геометрических объектов осуществляется с помощью [КОНТЕКСТНОГО МЕНЮ](#).

Создание нового объекта состоит из двух этапов:

- в вызываемом из контекстного меню окне диалога выбирается тип геометрического объекта,
- затем в окне свойств создаваемого объекта редактируются его параметры.

4.4.7.3.2.1 Общие компоненты окно свойств объектов

Расположение



Переместить объект относительно текущего положения в абсолютной системе координат



Повернуть объект относительно текущего положения вокруг OX в локальной системе координат



Повернуть объект относительно текущего положения вокруг OY в локальной системе координат



Повернуть объект относительно текущего положения вокруг OZ в локальной системе координат



Масштабировать объект относительно текущего размера относительно центра локальной системы координат.

Опорная точка

Декартовы координаты X0, Y0 и Z0 локальной системы координат объекта относительно системы координат расчетной области. Эта точка является центром вращения объекта. По умолчанию это координаты центра расчетной области.

X

X0

Y

Y0

Z

Z0

Ось X

Направление оси X локальной системы координат объекта относительно системы координат расчетной области.

X

Y

Z

Ось Y

Направление оси Y локальной системы координат объекта относительно системы координат расчетной области.

X

Y

Z

Ось Z

Направление оси Z локальной системы координат объекта относительно системы координат расчетной области.

X

Y

Z

Масштаб

Коэффициент масштабирования объекта ¹

Отображается

Если этот параметр включен, то объект отображается в графическом окне. Если элемент дерева, соответствующий объекту, выбран в дереве Постпроцессора, то объект всегда отображается на экране, вне зависимости от значения этого параметра

Отсекается

Если этот параметр включен, то объект разрезается отсекающими плоскостями, если выключен, то отсекающие плоскости на него не действуют

Освещен

Этот параметр позволяет включать/выключать освещение объекта

Отображение

Метод

Метод отображения объекта:

Линии - отображение контуров или ребер объекта

Закраска - отображение поверхности объекта

Линии и покраска - отображение контуров или ребер, а также поверхности объекта

Линии

Цвет

Цвет контуров или ребер

Толщина

Толщина контуров или ребер

Закраска

Цвет

Цвет поверхности

Прозрачность

Прозрачность поверхности

Примечание:

¹ Масштабирование происходит относительно центра локальной системы координат

В интерактивном режиме с помощью мыши можно динамически изменять следующие параметры геометрических объектов:

1. положение исходной точки (отмечено шариком),
2. направление вектора,
3. сдвиг вдоль направления вектора или масштабирование.

Для этого используется инструмент  панели **Режимы** (подробнее см. [Управление объектами в Графическом окне](#)).

4.4.7.3.2.2 Контекстное меню объектов

Контекстное меню элемента папки **Объекты**:

Скрыть	Сделать объект невидимым
Применить отсечение	Сделать объект отсекаемым
Применить освещение	Сделать объект освещаемым
Создать слой	Создать Слой на базе выбранного объекта
Создать характеристики	Создать Характеристики на базе выбранного объекта (доступно для всех объектов, кроме Линии)
Создать движение	Создать Движение объекта ^{1,2)}
Создать	Создать новый объект. Тип объекта выбирается из списка.
Копировать	Копировать выбранный объект
Копировать с элементами	Копировать выбранный объект с дочерними элементами (доступно только в Постпроцессоре).
Удалить	Удалить выбранный объект ³⁾
Свойства	Вызвать окно выбранного объекта

Примечания:

¹⁾ Движение Объекта Препроцессора задается только в Препроцессоре.

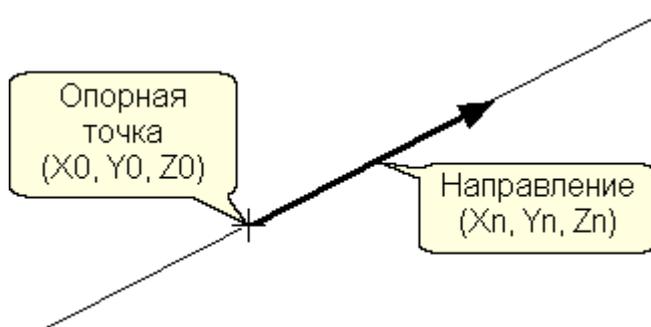
²⁾ Движение может быть задано на [Параллелепипеде](#), [Конусе/цилиндре](#), [Эллипсоиде/сфере](#) и [Импортированном объекте](#), на котором не создано Подвижное тело.

³⁾ Удалить Объект Препроцессора можно только в Препроцессоре.

4.4.7.3.2.3 Пространство

Объект **Пространство** – уникальный объект, который создается одновременно с созданием варианта, не удаляется и не редактируется, поскольку не имеет никаких свойств. Этот объект не накладывает пространственных ограничений на отрисовку слоя, слой сам определяет, где и что ему отрисовывать.

4.4.7.3.2.4 Линия

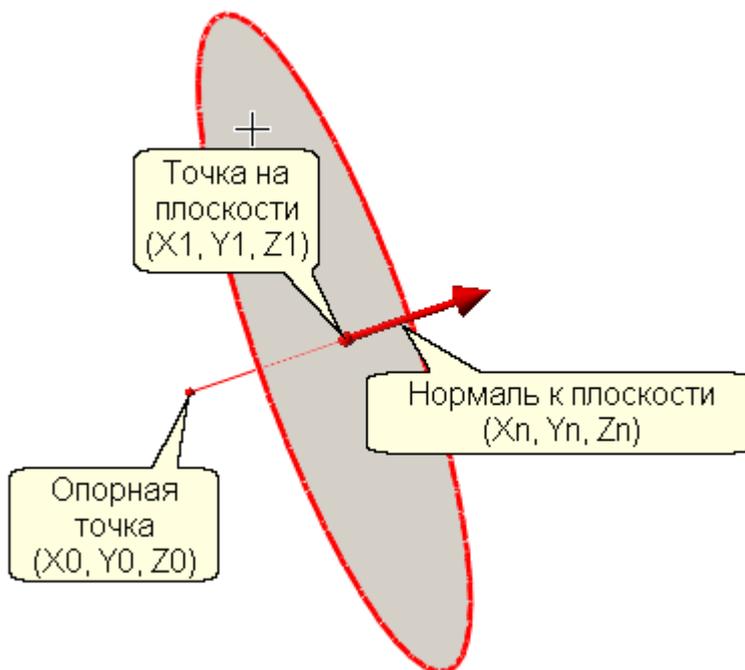


Окно объекта **Линия** имеет следующие параметры:

Название	Строка редактирования названия объекта
Объект	
Операции	Ориентация линии вдоль выделенной оси, инвертирование направления линии
Опорная точка	Декартовы координаты X_0 , Y_0 и Z_0 некоторой точки на линии. Эта точка является центром вращения линии. По умолчанию это координаты центра расчетной области.
X	X_0
Y	Y_0
Z	Z_0
Направление	Направление линии в 3D пространстве
X	X_n
Y	Y_n
Z	Z_n
Отображается	См. Общие параметры объектов

Отсекается	См. Общие параметры объектов
Отображение	
Стиль	Стиль отображения линии: Сплошная – одна жирная линия в пространстве (работает быстро), С выделением – линия, на которой жирные отрезки соответствуют участкам, находящимся в расчетной области (работает медленнее).
Цвет	Цвет линии
Толщина	Толщина линии

4.4.7.3.2.5 Плоскость



Окно **Свойства Плоскости:**

Название	Строка редактирования названия объекта
Объект	
Операции	Ориентация нормали вдоль выделенной оси, инвертирование направления нормали
	Ориентировать нормаль плоскости вдоль оси X
	Ориентировать нормаль плоскости вдоль оси Y
	Ориентировать нормаль плоскости вдоль оси Z
	Инвертировать нормаль плоскости
	Задать положение плоскости по 3 точкам
Опорная точка	Декартовы координаты X0, Y0 и Z0 некоторой точки на плоскости. По умолчанию это координаты центра расчетной области. С помощью мыши осуществляется интерактивное редактирование параметров именно этой точки.
X	X0
Y	Y0
Z	Z0
Нормаль	Вектор, нормальный к плоскости, абсолютная величина нормали к плоскости не имеет значения
X	Xn
Y	Yn
Z	Zn
Сдвиг	Смещение плоскости вдоль нормального вектора на расстояние, указанное в поле Сдвиг. В этом случае точка (X0, Y0, Z0) не лежит на плоскости.
Точка на плоскости	Декартовы координаты X1, Y1 и Z1 точки на плоскости, полученной сдвигом опорной точки вдоль направления нормали на заданное

	расстояние (справочная информация)
X	X1
Y	Y1
Z	Z1
Расстояние	Расстояние от начала координат до плоскости по нормали плоскости.
Отображается	См. Общие параметры объектов
Отсекается	См. Общие параметры объектов
Освещен	См. Общие параметры объектов
Отображение	См. Общие параметры объектов
Секущий объект	Если этот параметр включен, то пространство делится на два полупространства. В том полупространстве, куда смотрит нормаль плоскости, отрисовка отсекаемых слоев и объектов разрешена, в другом – запрещена. Плоскости отсечения воздействуют на все слои, у которых включен параметр Отсекается.
Зеркало	Если параметр включен, то слои все слои зеркально отображаются относительно данной плоскости ^{1,2}).

Контекстное меню **Плоскости**

Скрыть	См. Контекстное меню
Применить отсечение	См. Контекстное меню
Применить освещение	См. Контекстное меню
Секущий объект	Сделать плоскость секущей
Зеркало	Включить отражение слоев относительно плоскости
Создать слой	См. Контекстное меню
Создать характеристики	См. Контекстное меню
Создать	См. Контекстное меню
Копировать	См. Контекстное меню
Копировать с элементами	См. Контекстное меню
Удалить	См. Контекстное меню
Свойства	См. Контекстное меню

Примечания:

¹)Зеркальные отображения слоев работают в той последовательности, в которой были заданы

²)В одном проекте могут работать не более трех зеркальных отображений

Point 1 Координаты первой точки

X
Y
Z

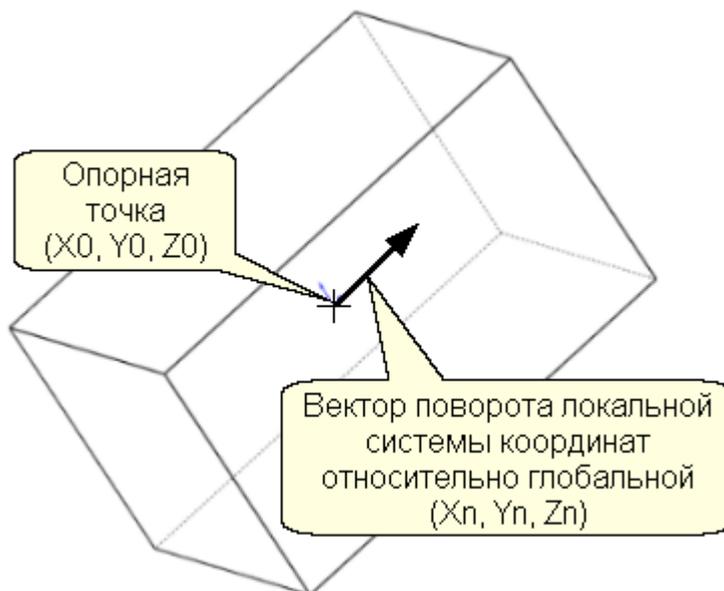
Point 2 Координаты второй точки

X
Y
Z

Point 3 Координаты третьей точки

X
Y
Z

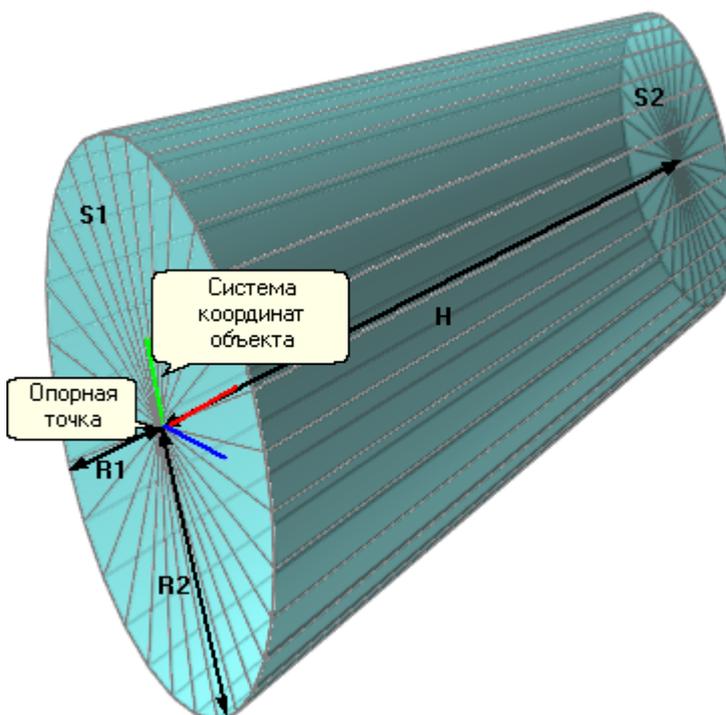
4.4.7.3.2.6 Параллелепипед



Объект **Параллелепипед** в окне свойств имеет следующие параметры:

Название	Строка редактирования названия объекта
Объект	
Расположение	См. Общие параметры объектов
Размер	Размеры параллелепипеда по трем ортам локальной системы координат
X	
Y	
Z	
Отображается	См. Общие параметры объектов
Отсекается	См. Общие параметры объектов
Освещен	См. Общие параметры объектов
Отображение	См. Общие параметры объектов

4.4.7.3.2.7 Конус/цилиндр



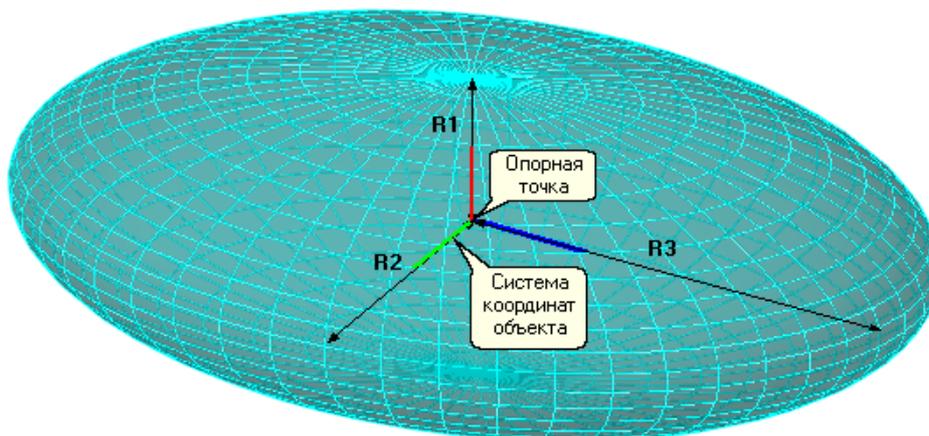
Объект **Конус/цилиндр** представляет собой усеченный конус с двумя пропорциональными эллиптическими

основанием. Большее основание задается посредством двух радиусов. Меньшее основание задается посредством отношения площадей. Частным случаем усеченного конуса являются простой конус (площадь меньшего основания равна 0) и цилиндр (площади оснований равны)

Объект Конус/цилиндр в окне свойств имеет следующие параметры:

Название	Название объекта
Объект	
Расположение	См. Общие параметры объектов
Параметры	
Высота	Расстояние между верхним и нижним основанием H
Радиус 1	Радиус большего основания R1
Радиус 2	Радиус большего основания R2
Отношение осн.	Отношение площади меньшего основания к большему S2/S1
Результат	'Цилиндр' - площади оснований равны 'Конус' - площадь меньшего основания равна 0 'Усеченный конус' - площади оснований различны и не равны 0
Аппроксимация	
Число разбиений	
Отображается	См. Общие параметры объектов
Отсекается	См. Общие параметры объектов
Освещен	См. Общие параметры объектов
Отображение	См. Общие параметры объектов

4.4.7.3.2.8 Эллипсоид/сфера



Объект **Эллипсоид/сфера** представляет собой эллипсоид, определяемый тремя радиусами. Частным случаем эллипсоида является сфера (все радиусы равны).

Объект **Эллипсоид/сфера** в окне свойств имеет следующие параметры:

Название	Названия объекта
Объект	
Расположение	См. Общие параметры объектов
Параметры	
Тип	'Эллипсоид' - у объекта задаются три радиуса 'Сфера' - у объекта задается один радиус
Радиус 1	R1
Радиус 2	R2 (если Тип = 'Эллипсоид')
Радиус 3	R3 (если Тип = 'Эллипсоид')
Аппроксимация	
Топология	'Полярная' - эллипсоид строится на базе многогранника, образованного ломанными меридианами и параллелями. 'Геодезическая' - эллипсоид строится на базе многогранника посредством рекурсивного разбиения граней
Число разбиений	Число меридианов у эллипсоида, построенного с полярной топологией (доступно только если Топология = 'Полярная')
База	Многогранник, используемый в качестве базового объекта при построении эллипсоида с геодезической топологией (доступно только если Топология = 'Геодезическая'): 'Tetrahedron' 'Octahedron'

	'Icosahedron'
Число итераций	Число рекурсивных разбиений граней базового многогранника (доступно только если Топология = 'Геодезическая')
Отображается	См. Общие параметры объектов
Отсекается	См. Общие параметры объектов
Освещен	См. Общие параметры объектов
Отображение	См. Общие параметры объектов

4.4.7.3.2.9 Импортированный объект

Импортированный объект – это геометрический объект, созданный на основе независимого файла геометрии.

Контекстное меню **Импортированного объекта**:

Скрыть	См. Контекстное меню
Применить отсечение	См. Контекстное меню
Применить освещение	См. Контекстное меню
Создать слой	См. Контекстное меню
Создать характеристики	См. Контекстное меню
Создать движение	См. Контекстное меню
Создать	См. Контекстное меню
Копировать	См. Контекстное меню
Копировать с элементами	См. Контекстное меню
Удалить	См. Контекстное меню
Трансформировать геометрию	Трансформировать геометрию Импортированного объекта
Загрузить новую геометрию...	Загрузить новую геометрию Импортированного объекта
Экспортировать геометрию...	Экспортировать геометрию Импортированного объекта
Свойства	См. Контекстное меню

Окно **Свойства Импортированного объекта**:

Название	Название объекта
Объект	
Операции	
	Поместить объект в центр области и масштабировать так, чтобы вписать объект в область.
Расположение	См. Общие параметры объектов
Исходный файл	Исходный файл геометрии Импортированного объекта
Информация	
Число групп	Число групп треугольников, принадлежащих объекту
Число треугольников	Число треугольников, принадлежащих объекту
Число точек	
Габариты	
Центр	Координаты центра объекта
X	
Y	
Z	
Размер	Размер объекта
X	
Y	
Z	
Минимум	Минимальные значения координат объекта
X	
Y	
Z	
Максимум	Минимальные значения координат объекта
X	
Y	
Z	
Отображается	См. Общие параметры объектов
Отсекается	См. Общие параметры объектов
Освещен	См. Общие параметры объектов
Отображение	См. Общие параметры объектов

4.4.7.3.2.10 Супергруппа

Супергруппа – это геометрический объект, состоящий из набора геометрических групп. Супергруппа создается на основе [граничного условия](#).

Окно **Супергруппы** содержит следующие параметры

Название	строка редактирования названия объекта
Объект	
Группы	список групп, входящих в состав супергруппы
[0]	
...	
Граничные условия	список граничных условий, расставленных на группах, входящих в состав граничного условия
[0]	
...	

4.4.7.3.2.11 Движение

Движение - элемент, задающий закон движения объекта, на котором он создан.

Операции



Установить объект в начальное положение

Сделать текущее положение начальным.

Объект

Объект, на котором задано движение

Поступательное движение

Скорость

Поступательная скорость объекта в глобальной системе координат

X

[м с⁻¹]

Y

[м с⁻¹]

Z

[м с⁻¹]

Ускорение

Поступательное ускорение объекта в глобальной системе координат

X

[м с⁻²]

Y

[м с⁻²]

Z

[м с⁻²]

Вращение

Центр вращения

Центр вращения объекта в глобальной системе координат

[м]

X

[м]

Y

[м]

Z

Скорость вращения

Скорость вращения объекта в глобальной системе координат

X

[с⁻¹]

Y

[с⁻¹]

Z

[с⁻¹]

Ускорение вращения

Ускорение вращения объекта в глобальной системе координат

X

[с⁻²]

Y

[с⁻²]

Z

[с⁻²]

Начальное положение

Начальное положение Объекта. См. Общие параметры объектов - [Расположение](#)

4.4.7.3.3 Пользовательские переменные

Пользовательские переменные - переменные, задаваемые пользователем на основе Физических переменных и констант. Пользовательские переменные, созданные в Постпроцессоре, могут быть использованы на [Характеристиках](#), созданных в Постпроцессоре и [Слоях](#)

Локальные пользовательские переменные - пользовательские переменные, зависящие от координат и времени. При задании локальных пользовательских переменных можно использовать константы, локальные физические переменные, интегральные переменные, ранее созданные локальные и глобальные пользовательские переменные.

Глобальные пользовательские переменные - пользовательские переменные, не зависящие от координат.

При задании глобальных пользовательских переменных можно использовать константы, интегральные переменные и ранее созданные глобальные пользовательские переменные.

Пользовательские переменные

Локальные

-  Скаляр
-  Вектор
-  Вектор, заданный покомпонентно

Глобальные

-  Скаляр
-  Вектор
-  Вектор, заданный покомпонентно

Контекстное меню **Локальных** и **Глобальных** переменных:

Создать

- Скаляр
- Вектор
- Вектор, заданный покомпонентно

Свойства

Окно **Свойства Скалярной переменной**:

Название Название переменной
 Значение Значение переменной

Окно **Свойства Векторной переменной**:

Название Название переменной
 Значение Значение переменной

Окно **Свойства Векторной переменной**:

Название Название переменной
 Значение

X	Значение X-компоненты переменной
Y	Значение Y-компоненты переменной
Z	Значение Z-компоненты переменной

4.4.7.3.4 Характеристики

Характеристики - элемент Препроцессора или Постпроцессора, содержащий информацию об наборе интегральных величин на выбранном **Объекте**. Характеристики строятся на **Объекте**. Информация выводится в окно **Инфо** и может быть записана в текстовый (GLO) файл. Набор величин зависит от базового **Объекта**.

Геометрические Объекты	Тип переменной
Пространство	скаляр
Плоскость	вектор
Параллелепипед	
Конус/цилиндр	
Эллипсоид/сфера	
Супергруппа	
Импортированный объект	

Встроенные характеристики - характеристики, содержащие информацию о временных параметрах текущего шага. Встроенные характеристики всегда присутствуют на объекте **Пространство**.

4.4.7.3.4.1 Компоненты окна Свойства

Название	Редактируемая текстовая строка
Характеристики	Параметры, управляющие выводом характеристик
Объект	Название Объекта, на котором создан элемент Характеристики (справочная информация)
Части	Параметры, управляющие выбором поверхностей Объекта, для которых вычисляются характеристики (доступны когда Объект = Плоскость или Параллелепипед)
Выбор Поверхности	'Объем' / 'Вся поверхность' / 'Выбранные поверхности'
X-	Выбор поверхностей (доступен когда Объект = Параллелепипед и Выбор = 'Выбранные поверхности')
X+	'Нет' / 'Да'
Y-	'Нет' / 'Да'
Y+	'Нет' / 'Да'
Z-	'Нет' / 'Да'
Z+	'Нет' / 'Да'
Подобласть	Выбор Подобласти в которой вычисляются характеристики
Центр	Координаты точки, относительно которой вычисляется момент силы, действующей на жидкость со стороны поверхности (поверхностей)
X	число
Y	число
Z	число
Переменная Категория	Выбор переменной, используемой при вычислении характеристик
Переменная Категория	'Общие и внефазовые переменные' / 'Переменные фазы Фаза #i' / 'Пользовательские переменные'
Сохранение в файл	Выбор из списка доступных переменных,
Тип	Параметры, управляющие сохранением данных в текстовый (GLO) файл
	Выбор способа записи данных в файл:
	'Отключено' = Данные не записываются.
	'Автоматическое' = Данные записываются на каждом шаге по времени.
	'По времени' = Данные записываются через заданный промежуток времени.
	'По шагам' = Данные записываются через заданное количество шагов по времени.
Число секунд	Промежуток времени, через который происходит запись в файл (используется, когда Тип = По времени)
Число шагов	Количество шагов по времени, через которое происходит запись в файл (используется, когда Тип = 'По шагам')
Имя файла	Имя GLO файла, в который пишутся данные
Режим записи	Выбор режима записи:
	'Перезаписывать' = При каждой записи данные перезаписываются, в файле хранятся только последние данные (режим по умолчанию).
	'Дописывать' = При каждой записи данные дописываются в конец файла, хранятся все записанные данные.

4.4.7.3.4.2 Компоненты окна Инфо

<u>Общая информация</u>	
Данные с солвера	индикатор наличия или отсутствия данных с солвера
Номер шага	номер текущего шага по времени
Время	текущее время
Переменная Блок	переменная, используемая при вычислении характеристик
Фаза	физический процесс, описываемый с использованием данной переменной
Подобласть	индикатор фазовой принадлежности данной переменной
	название Подобласти, в которой вычисляются характеристики
<u>Встроенные Характеристики:</u>	
Временные характеристики	Группа параметров, описывающих временные параметры текущего шага
Текущее время	
Номер текущего шага	

Шаг по времени
Явный шаг по времени

Поверхностные характеристики (выводимые когда Части→Выбор='Вся поверхность' или 'Выбранные поверхности'):

Площадь	S
Поток массы+	G_+
Поток массы-	G_-
Объёмный поток+	N_+
Объёмный поток-	N_-
Интеграл X	$\Sigma_{f,x}$ или $\Sigma_{F,x}$
Интеграл Y	$\Sigma_{f,y}$ или $\Sigma_{F,y}$
Интеграл Z	$\Sigma_{f,z}$ или $\Sigma_{F,z}$
<f пов.>	$\langle f \rangle_S$ или $\langle F \rangle_S$
<f масса+>	$\langle f \rangle_{G_+}$ или $\langle F \rangle_{G_+}$
<f масса->	$\langle f \rangle_{G_-}$ или $\langle F \rangle_{G_-}$
<f масса+> * Поток массы+	$\langle f \rangle_{G_+} \cdot G_+$
<f масса-> * Поток массы-	$\langle f \rangle_{G_-} \cdot G_-$
Дисперсия по поверхности	σ_S
Дисперсия по потоку	σ_G
Тепловой поток	Q
F жидк. X	$F_{fluid,x}$
F жидк. Y	$F_{fluid,y}$
F жидк. Z	$F_{fluid,z}$
M центр X	X координата опорной точки, относительно которой вычисляется момент силы F_{fluid}
M центр Y	Y координата опорной точки, относительно которой вычисляется момент силы F_{fluid}
M центр Z	Z координата опорной точки, относительно которой вычисляется момент силы F_{fluid}
M жидк. X	$M_{fluid,x}$
M жидк. Y	$M_{fluid,y}$
M жидк. Z	$M_{fluid,z}$

Дополнительные поверхностные характеристики (выводимые когда на Импортированном объекте построено Подвижное тело):

Подвижное тело	имя Подвижного тела
Центр вращения X	X координата центра вращения Подвижного тела в абсолютной системе координат
Центр вращения Y	Y координата центра вращения Подвижного тела в абсолютной системе координат

Центр вращения Z	координат Z координата центра вращения Подвижного тела в абсолютной системе координат
Скорость X	X компонента скорости перемещения центра вращения Подвижного тела в абсолютной системе координат
Скорость Y	Y компонента линейной скорости Подвижного тела в абсолютной системе координат
Скорость Z	Z компонента линейной скорости Подвижного тела в абсолютной системе координат
Угловая скорость X	X компонента угловой скорости Подвижного тела в абсолютной системе координат
Угловая скорость Y	Y компонента угловой скорости Подвижного тела в абсолютной системе координат
Угловая скорость Z	Z компонента угловой скорости Подвижного тела в абсолютной системе координат
Поворот X X	Проекция единичного вектора OX системы координат подвижного тела на OX абсолютной системы координат
Поворот X Y	Проекция единичного вектора OX системы координат подвижного тела на OY абсолютной системы координат
Поворот X Z	Проекция единичного вектора OX системы координат подвижного тела на OZ абсолютной системы координат
Поворот Y X	Проекция единичного вектора OY системы координат подвижного тела на OX абсолютной системы координат
Поворот Y Y	Проекция единичного вектора OY системы координат подвижного тела на OY абсолютной системы координат
Поворот Y Z	Проекция единичного вектора OY системы координат подвижного тела на OZ абсолютной системы координат
Поворот Z X	Проекция единичного вектора OZ системы координат подвижного тела на OX абсолютной системы координат
Поворот Z Y	Проекция единичного вектора OZ системы координат подвижного тела на OY абсолютной системы координат
Поворот Z Z	Проекция единичного вектора OZ системы координат подвижного тела на OZ абсолютной системы координат
F тело X	$F_{body,x}$
F тело Y	$F_{body,y}$
F тело Z	$F_{body,z}$
M тело X	$M_{body,x}$
M тело Y	$M_{body,y}$
M тело Z	$M_{body,z}$

Объемные характеристики (выводимые когда Части→Выбор='Объём'):

Объем	объем Объекта, присутствующий в данной Подобласти
Масса	масса Объекта, присутствующая в данной Подобласти
<f об.>	средне-объемное значение переменной
<f масса>	средне-массовое значение переменной
<f об.> * Объем	интеграл переменной по объёму
Максимум	максимальное значение переменной
Гиперячейка макс.	индекс гиперячейки (блока ячеек), в которой значение переменной достигает максимума
Ячейка макс.	индекс ячейки, в которой значение переменной достигает максимума
Точка макс. X	X координата центра ячейки, в которой достигается максимум
Точка макс. Y	Y
Точка макс. Z	Z
Минимум	минимальное значение переменной
Гиперячейка мин.	индекс гиперячейки (блока ячеек), в которой значение переменной достигает минимума
Ячейка мин.	индекс ячейки, в которой значение переменной достигает минимума
Точка мин. X	координаты центра ячейки, в которой значение переменной достигает

Точка мин. Y минимума
Точка мин. Z

1) При вычислении объёмных характеристик векторной переменной используется её абсолютное значение.

Обозначения:

Обозначение	Физическая величина	Имя в FlowVision	Размерность
f	Скалярная переменная		
$\langle f \rangle_s = \frac{\int f \, dS}{S}$	среднее по поверхности значение Скалярной переменной		[f]
$\langle f \rangle_{G_+} = \frac{\int f \rho V_{abs} \cdot \mathbf{n} \, dS}{G_+} \quad (V_{abs} \cdot \mathbf{n}) > 0$	среднее по положительному потоку массы значение Скалярной переменной		[f]
$\langle f \rangle_{G_-} = \frac{\int f \rho V_{abs} \cdot \mathbf{n} \, dS}{G_-} \quad (V_{abs} \cdot \mathbf{n}) < 0$	среднее по отрицательному потоку массы значение Скалярной переменной		[f]
$\langle f \rangle_G = \frac{\langle f \rangle_{G_+} G_+ + \langle f \rangle_{G_-} G_-}{G_+ + G_-}$	среднее по полному потоку массы значение Скалярной переменной		[f]
\mathbf{F}	Векторная переменная		
$\langle \mathbf{F} \rangle_s = \frac{\int \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} \, dS}{S}$	среднее по поверхности значение Векторной переменной (скаляр)		[F]
$\langle \mathbf{F} \rangle_{G_+} = \frac{\int \rho \mathbf{F} \cdot V_{abs} \, dS}{G_+} \quad (V_{abs} \cdot \mathbf{n}) > 0$	среднее по положительному потоку массы значение Векторной переменной (скаляр)		[F]
$\langle \mathbf{F} \rangle_{G_-} = \frac{\int \rho \mathbf{F} \cdot V_{abs} \, dS}{G_-} \quad (V_{abs} \cdot \mathbf{n}) < 0$	среднее по отрицательному потоку массы значение Векторной переменной (скаляр)		[F]
$\langle \mathbf{F} \rangle_G = \frac{\langle \mathbf{F} \rangle_{G_+} G_+ + \langle \mathbf{F} \rangle_{G_-} G_-}{G_+ + G_-}$	среднее по полному потоку массы значение Векторной переменной (скаляр)		[F]
$\mathbf{F}_{fluid} = \int_S (P + P_{hst}) \mathbf{n} \, dS - \int_S (\mu + \mu_t) \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{n}} \, dS$	полная сила, действующая на жидкость со стороны поверхности (вектор)		H
$\mathbf{F}_{body} = -\mathbf{F}_{fluid} + (M_{body} - M_{fluid}) \mathbf{g}$	полная сила, действующая на Подвижное тело (вектор)		H
\mathbf{g}	ускорение свободного падения (вектор)	Вектор гравитации	мэс ⁻²
$G_+ = \int_S \rho V_{abs} \cdot \mathbf{n} \, dS \quad (V_{abs} \cdot \mathbf{n}) > 0$	поток массы через поверхность в направлении нормали (скаляр)		кгэс ⁻¹
$G_- = \int_S \rho V_{abs} \cdot \mathbf{n} \, dS \quad (V_{abs} \cdot \mathbf{n}) < 0$	поток массы через поверхность в обратном направлении (скаляр)		кгэс ⁻¹

Обозначение	Физическая величина	Имя в FlowVision	Размерность
M	масса		кг
$M_{fluid} = \int_S \mathbf{r} \times d\mathbf{F}_{fluid}$	момент полной силы, действующей на жидкость со стороны поверхности, относительно опорной точки (вектор)		Нм
$M_{body} = \int_S \mathbf{r} \times d\mathbf{F}_{body}$	момент полной силы, действующей на подвижное тело, относительно центра вращения (вектор)		Нм
\mathbf{n}	нормаль к поверхности (вектор)		
$N_+ = \int_S \mathbf{V}_{abs} \cdot \mathbf{n} dS$ ($\mathbf{V}_{abs} \cdot \mathbf{n} > 0$)	объемный поток через поверхность в направлении нормали (скаляр)		$m^3 \cdot s^{-1}$
$N_- = \int_S \rho \mathbf{V}_{abs} \cdot \mathbf{n} dS$ ($\mathbf{V}_{abs} \cdot \mathbf{n} < 0$)	объемный поток через поверхность в обратном направлении (скаляр)		$m^3 \cdot s^{-1}$
P	относительное давление	Давление	Па
P_{ref}	опорное давление	Опорное давление	Па
P_{hst}	гидростатическое давление		Па
$P_{abs} = P + P_{ref} + P_{hst}$	абсолютное давление		Па
$Q = - \int_S (\lambda + \lambda_t) \nabla T _w \cdot \mathbf{n} dS$	тепловой поток через поверхность (скаляр)		Вт
\mathbf{r}	радиус-вектор		м
S	площадь поверхности		m^2
T	относительная температура	Температура	К
\mathbf{V}_{abs}	скорость в абсолютной системе координат (вектор)		$m \cdot s^{-1}$
V_n	нормальная компонента скорости (скаляр)		$m \cdot s^{-1}$
w	значение переменной на стенке (индекс)		
λ	молекулярная теплопроводность	Теплопроводность	$kg \cdot m \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
λ_t	турбулентная теплопроводность		$kg \cdot m \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
μ	молекулярная динамическая вязкость	Вязкость	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$
μ_t	турбулентная динамическая вязкость	ТурбВязкость	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$
ρ	плотность	Плотность	$kg \cdot m^{-3}$
$\sigma_s = \sqrt{\frac{\int_S (f - \langle f \rangle_s)^2 dS}{S}}$	дисперсия переменной по поверхности		[f]

Обозначение	Физическая величина	Имя в FlowVision	Размерность
$\sigma_G = \sqrt{\frac{\int_S (f - \langle f \rangle_G)^2 \rho V_n dS}{\int_S \rho V_n dS}}$	дисперсия переменной по потоку массы		[f]
$\Sigma_f = \int_S f \mathbf{n} dS$	интеграл Скалярной переменной по поверхности (вектор)		[f]м ²
$\Sigma_F = \int_S \mathbf{F} dS$	интеграл Векторной переменной по поверхности (вектор)		[F]м ²

4.4.7.3.4.3 Компоненты текстового файла

При каждой записи в файл выводится следующая информация (все данные записываются в одну строку.):

Step	См. Компоненты окна Инфо Шаг
Time	См. Компоненты окна Инфо Время
Variable	Параметры переменной, по которым построены характеристики
id	Идентификатор переменной на солвере
block	См. Компоненты окна Инфо Блок
phase	См. Компоненты окна Инфо Фаза
SubRegion	См. Компоненты окна Инфо Подобласть

Встроенные Характеристики:

Time step	См. Компоненты окна Инфо Шаг по времени
ExpTimeStep	См. Компоненты окна Инфо Явный шаг по времени

Поверхностные характеристики (выводимые когда Части→Выбор='Вся поверхность' или 'Выбранные поверхности'):

Area	См. Компоненты окна Инфо Площадь
MassFlowP	См. Компоненты окна Инфо Поток массы+
MassFlowN	См. Компоненты окна Инфо Поток массы-
VolumeFlowP	См. Компоненты окна Инфо Объемный поток+
VolumeFlowN	См. Компоненты окна Инфо Объемный поток-
Integral.x	См. Компоненты окна Инфо Интеграл X
Integral.y	См. Компоненты окна Инфо Интеграл Y
Integral.z	См. Компоненты окна Инфо Интеграл Z
Agv	См. Компоненты окна Инфо <f пов.>
AgvFlowP	См. Компоненты окна Инфо <f масса+>
AgvFlowN	См. Компоненты окна Инфо <f масса->
ValFlowP	См. Компоненты окна Инфо <f масса+> * Поток массы+
ValFlowN	См. Компоненты окна Инфо <f масса-> * Поток массы-
SurfaceDisp	См. Компоненты окна Инфо Дисперсия по поверхности
FlowDisp	См. Компоненты окна Инфо Дисперсия по потоку
HeatFlux	См. Компоненты окна Инфо Тепловой поток
F_Fluid.x	См. Компоненты окна Инфо F жидк. X
F_Fluid.y	См. Компоненты окна Инфо F жидк. Y
F_Fluid.z	См. Компоненты окна Инфо F жидк. Z
M_Center.x	См. Компоненты окна Инфо M центр X
M_Center.y	См. Компоненты окна Инфо M центр Y
M_Center.z	См. Компоненты окна Инфо M центр Z
M_Fluid.x	См. Компоненты окна Инфо M жидк. X
M_Fluid.y	См. Компоненты окна Инфо M жидк. Y
M_Fluid.z	См. Компоненты окна Инфо M жидк. Z

Дополнительные поверхностные характеристики (выводимые когда на Импортированном объекте построено Подвижное тело):

MovingBody	См. Компоненты окна Инфо Подвижное тело
------------	---

RotCenter.x	См. Компоненты окна Инфо Центр вращения X
RotCenter.y	См. Компоненты окна Инфо Центр вращения Y
RotCenter.z	См. Компоненты окна Инфо Центр вращения Z
Velocity.x	См. Компоненты окна Инфо Скорость X
Velocity.y	См. Компоненты окна Инфо Скорость Y
Velocity.z	См. Компоненты окна Инфо Скорость Z
RotVelocity.x	См. Компоненты окна Инфо Угловая скорость X
RotVelocity.y	См. Компоненты окна Инфо Угловая скорость Y
RotVelocity.z	См. Компоненты окна Инфо Угловая скорость Z
RotationX.x	См. Компоненты окна Инфо Поворот X X
RotationX.y	См. Компоненты окна Инфо Поворот X Y
RotationX.z	См. Компоненты окна Инфо Поворот X Z
RotationY.x	См. Компоненты окна Инфо Поворот Y X
RotationY.y	См. Компоненты окна Инфо Поворот Y Y
RotationY.z	См. Компоненты окна Инфо Поворот Y Z
RotationZ.x	См. Компоненты окна Инфо Поворот Z X
RotationZ.y	См. Компоненты окна Инфо Поворот Z Y
RotationZ.z	См. Компоненты окна Инфо Поворот Z Z
F_Body.x	См. Компоненты окна Инфо F тело X
F_Body.y	См. Компоненты окна Инфо F тело Y
F_Body.z	См. Компоненты окна Инфо F тело Z
M_Body.x	См. Компоненты окна Инфо M тело X
M_Body.y	См. Компоненты окна Инфо M тело Y
M_Body.z	См. Компоненты окна Инфо M тело Z

Объемные характеристики (выводимые когда Части→Выбор='Объем'):

Vol	См. Компоненты окна Инфо Объем
Mass	См. Компоненты окна Инфо Масса
Agv	См. Компоненты окна Инфо <f об.>
AverageByMass	См. Компоненты окна Инфо <f масса>
AvgMulVol	См. Компоненты окна Инфо <f об.> * Объем
Max	См. Компоненты окна Инфо Максимум
MaxHC	См. Компоненты окна Инфо Гиперячейка макс.
MaxCell	См. Компоненты окна Инфо Ячейка макс.
MaxPt.x	См. Компоненты окна Инфо Точка макс. X
MaxPt.y	См. Компоненты окна Инфо Точка макс. Y
MaxPt.z	См. Компоненты окна Инфо Точка макс. Z
Min	См. Компоненты окна Инфо Минимум
MinHC	См. Компоненты окна Инфо Гиперячейка мин.
MinCell	См. Компоненты окна Инфо Ячейка мин.
MinPt.x	См. Компоненты окна Инфо Точка мин. X
MinPt.y	См. Компоненты окна Инфо Точка мин. Y
MinPt.z	См. Компоненты окна Инфо Точка мин. Z

4.4.7.3.5 Слои

Слои – элементы Постпроцессора, позволяющие отображать в графическом окне элементы постановки задачи и результаты расчета. Слои создаются на базе **Объектов** в папке **Слои**

Контекстное меню папки **Слои**:

Создать	создание нового слоя
Свойства	вызов окна свойств

Виды слоев:

1. [Тела](#)
2. [Система координат](#)
3. [Начальная сетка](#)
4. [Расчетная сетка](#)
5. [Сечение расчетной сетки](#)
6. [Набор ячеек](#)
7. [Отладочная ячейка](#)
8. [Цветовые контуры](#)
9. [Векторы](#)
10. [График вдоль линии](#)

11. [График вдоль кривой](#)
12. [График вдоль эллипса](#)
13. [Объем фазы](#)
14. [Изоповерхность](#)

Примечания:

* Для векторной переменной используется модуль векторной величины.

Создание нового слоя состоит из двух этапов:

- в вызываемом из контекстного меню окне диалога выбираются тип слоя (из списка Слой) и тип геометрического объекта (из списка **Объекты**),
- затем в окне свойств создаваемого слоя выбирается переменная и редактируются остальные параметры.

4.4.7.3.5.1 Контекстное меню

Контекстное меню выбранного слоя:

Скрыть	Сделать слой невидимым
Применить отсечение	Сделать слой отсекаемым
Применить освещение	Сделать слой освещаемым
Создать	Создать новый слой из списка
Копировать	Копировать выбранный слой
Удалить	Удалить выбранный слой
Свойства	Вызвать окно выбранного слоя

4.4.7.3.5.2 Общие компоненты

В этой главе описываются общие для различных слоев компоненты окон Свойств, Инфо и текстовых файлов.

Название Объект	Название слоя. Название геометрического объекта, на котором был создан слой (справочная информация).
Части Выбор	Группа параметров, отвечающая за выбор поверхностей для визуализации (доступно только если Объект = Параллелепипед) Выбор области, в которой строится слой: Объем Вся поверхность Выбранные поверхности
Поверхности X- X+ Y- Y+ Z- Z+	Выбор поверхностей (доступно, если Выбор = 'Выбранные поверхности')
Отображается	Если этот параметр включен, то слой отображается в Графическом окне. Если элемент дерева, соответствующий слою, выбран в дереве Постпроцессора, то слой всегда отображается на экране, вне зависимости от значения этого параметра.
Отсекается	Если этот параметр включен, то слой разрезается отсекающими плоскостями, если выключен, то отсекающие плоскости на него не действуют
Освещен	Этот параметр позволяет включать/выключать освещение слоя
Обновление Тип	Группа параметров, управляющих обновлением данных на слое Способ обновления: Отключено – нет обновления. Автоматическое – автоматическое обновление на каждом шаге по времени. По времени – обновление через заданный промежуток времени. По шагам – обновление через заданное количество шагов по времени.
Число секунд	Промежуток времени, через который происходит обновление (используется, когда Тип=По времени)
Число шагов	Количество итераций, через которое происходит обновление (используется,

	когда Тип=По шагам)
Сохранение в файл	Группа параметров, управляющих сохранением данных в текстовый файл (<i>GLO-файл</i>)
Тип	Способ записи данных в текстовый файл Отключено – нет записи данных в файл. Автоматическое – автоматическая запись на каждом шаге по времени. По времени – запись данных в файл через заданный промежуток времени. По шагам – запись данных в файл через заданное количество шагов по времени
Число секунд	Промежуток времени, через который происходит запись в файл (используется, когда Тип=По времени)
Число шагов	Количество итераций, через которое происходит запись в файл (используется, когда Тип=По шагам)
Имя файла	Имя <i>GLO-файла</i> , в который пишутся данные этого слоя
Режим записи	Задаёт режим записи данных в файл (по умолчанию выбран Перезаписывать): Перезаписывать – при каждой записи данные перезаписываются и хранятся только последние данные. Дописывать – при каждой записи данные дописываются в конец файла и хранятся все записанные данные
Переменная	Группа параметров, управляющих визуализируемой переменной
Категория	Тип Переменной: Общие и безфазовые переменные Переменные фазы "Фаза #i" Пользовательские переменные
Переменная	Визуализируемая переменная
Компонента	Визуализируемая компонента векторной переменной (только для векторных переменных): 'Длина' 'X' 'Y' 'Z'
Интегрирование	Интегрирование переменной от объекта слоя вдоль заданного направления до поверхности расчетной области или подвижного тела (в текущей версии работает только для объекта Плоскость)
Включено	Включение/выключение интегрирования
Интегрировать	Выбор направления интегрирования:
вдоль	Нормаль к поверхности Указанного вектора Оси абсцисс Оси ординат Оси аппликат
Вектор	Задание вектора интегрирования (доступно только при Интегрировании вдоль
интегрирования	указанного вектора)
X	
Y	
Z	
Инвертировать	Инвертирование нормали вектора интегрирования
Интерполяция	Включение/выключение интерполяции значений переменной внутри ячейки расчетной сетки: Интерполяция=Нет - в каждой ячейке цвета соответствуют значению переменной в центре ячейки Интерполяция=Да - внутри ячейки цвета соответствуют интерполированным внутри ячейки значениям переменной
Ограничения	Задать ограничения на область построения слоя (на Плоскости)
Включены	'Да' - включить ограничения 'Нет' - выключить ограничения
Тип	'Квадрат' - ограничить область построения квадратом с центром, совпадающим с Точкой на Плоскости 'Прямоугольник' - ограничить область построения прямоугольником с центром, совпадающим с Точкой на Плоскости
Размер	Сторона Квадрата (доступно, только если Тип='Квадрат')
Размер 1	Первая сторона Прямоугольника (доступно, только если Тип='Прямоугольник')

Размер 2	Вторая сторона Прямоугольника (доступно, только если Тип='Прямоугольник')
Отображение	Группа параметров, управляющих отображением поверхностей
Метод	Метод отображения поверхностей: Линии - отображение ребер поверхностей Закраска - отображение граней поверхностей Линии и закраска - отображение ребер и граней поверхностей
Линии	
Цвет	Цвет ребер
Толщина	Толщина ребер
Закраска	
Цвет	Цвет граней
Непрозрачность	Прозрачность граней
Отсечь	Отсечение поверхности элемента геометрией (только для Отладочной ячейки)
Диапазон	Группа параметров, управляющая шкалой для переменной.
Режим	Выбор режима определения максимального и минимального значения переменной для шкалы: Локальный – определяется автоматически по максимальному и минимальному значению расчетной переменной на объекте, Глобальный – определяется автоматически по значениям расчетной переменной во всей фазе (доступно только для физических переменных), Ручной – задается параметрами Минимум и Максимум.
Максимум	Значение расчетной переменной, соответствующей верхнему цвету шкалы (доступно для редактирования только в режиме Ручной).
Минимум	Значение расчетной переменной, соответствующей нижнему цвету шкалы (доступно для редактирования только в режиме Ручной).
Палитра	Группа параметров, управляющая настройками цветовой палитры
Операции	Операции над палитрой:  – загрузка палитры из файла  – сохранение палитры в файл  – генерация цветов по градиенту (от первого цвета к последнему)  - генерация непрозрачности цветов по градиенту (от первого цвета к последнему)
Кол-во цветов	Количество цветов в палитре
Градации	Количество градаций между соседними цветами дискретной палитры (0 соответствует непрерывной палитре)
Цвета	Список соответствий между значениями переменной и цветами (с возможностью редактирования цвета).
Полупрозрачность ¹	Задание полупрозрачности цвета.
Режим	Режим задания полупрозрачности: 'Постоянная' - задание одинаковой непрозрачности всех цветов слоя 'Переменная' - задание разной непрозрачности всех цветов слоя
Непрозрачность	Задание непрозрачности слоя (в процентах)
Примечание:	
¹ Для цветowych контуров и изоповерхности	
Данные с солвера	Наличие данных с солвера на слое
Номер шага	Номер текущего шага
Время	Текущее время
Переменная	Визуализируемая переменная
Блок	Блок уравнений, к которому принадлежит переменная
Фаза	Фаза, к которой принадлежит переменная
Лок. минимум	Максимальное значение переменной на объекте
Лок. максимум	Минимальное значение переменной на объекте
Глоб. минимум	Максимальное значение переменной в фазе
Глоб. максимум	Минимальное значение переменной в фазе
Среднее значение	Среднее значение переменной на слое

Подобласть #i**Геометрия****Подвижные тела**

...

Подвижное тело #i

...

Граничные условия

...

ГУ #i

...

Данные компоненты предназначены для настройки отображения соответствующих геометрических элементов. Чем ниже расположен компонент слоя Твердые тела в дереве, тем выше приоритет задаваемого им отображения. Наименьшим приоритетом обладают настройки отображения, заданные в панели инструментов **Тела**.

В окне элемента **Твердые тела** настраиваются параметры отображения внешней поверхности геометрии.

Окно Свойства Тел:

Объект	См. Общие параметры слоев
Отображается	См. Общие параметры слоев
Отсекается	См. Общие параметры слоев
Освещен	См. Общие параметры слоев
Контур	Параметры отображения границ геометрических групп.
Цвет	Цвет границ геометрических групп
Толщина	Толщина границ геометрических групп
Внешняя сторона	
Исп. внутреннюю	Использовать для настройки отображения внутренней стороны (задаются в элементе Регион)
Отображение	Параметры отображения внешней стороны стороны
Закраска	Параметры отображения граней треугольников геометрии выбранного элемента. 'Да' - грани треугольников отображаются 'Нет' - грани треугольников не отображаются 'По умолчанию' - параметры отображения граней треугольников берутся из настроек меню Твердые тела
Каркас	Параметры отображения ребер треугольников геометрии выбранного элемента. 'Да' - ребра треугольников отображаются 'Нет' - ребра треугольников не отображаются 'По умолчанию' - параметры отображения ребер треугольников берутся из настроек меню Твердые тела
Цвет	Цвет внешней стороны
Непрозрачность	Задание степени непрозрачности поверхности выбранного объекта (в процентах)

В окне элемента Регион настраиваются параметры отображения поверхности Региона.

Окно Свойств Региона:

Отображается	Параметры отображения выбранного элемента. 'Да' - элемент отображается 'Нет' - элемент не отображается 'По умолчанию' - параметры отображения берутся из элемента на уровень выше
Отсекается	См. Общие параметры слоев
Стиль	
Закраска	Параметры отображения граней треугольников геометрии выбранного элемента. 'Да' - грани треугольников отображаются 'Нет' - грани треугольников не отображаются 'По умолчанию' - параметры отображения граней треугольников берутся из элемента на уровень выше
Каркас	Параметры отображения ребер треугольников геометрии выбранного элемента. 'Да' - ребра треугольников отображаются 'Нет' - ребра треугольников не отображаются 'По умолчанию' - параметры отображения ребер треугольников берутся из элемента на уровень выше
Контур	Параметры отображения границ групп геометрии выбранного элемента.

Название	См. Общие параметры слоев
Отображается	См. Общие параметры слоев
Верт.позиция	Выбор вертикального положения начала координат (верхний или нижний угол графического окна).
Гор.позиция	Выбор горизонтального положения начала координат (левый или правый угол графического окна).
Масштаб X	Группа элементов управления задает отношение между единичными отрезками вдоль каждой из осей координат. По умолчанию, отношение 1:1:1. Если увеличить/уменьшить масштаб одной из осей, изображение 3D сцены будет растянуто/сжато вдоль этой оси.
Масштаб Y	
Масштаб Z	
Поместить в (0;0;0)	Если этот параметр включен, то начало координат расположено в начале координат расчетной области
Часть поля	Доля окна, занимаемая этим слоем

4.4.7.3.5.5 Начальная сетка

Слой **Начальная сетка** делает видимыми ячейки расчетной сетки нулевого уровня. Кроме того, этот слой может отрисовывать линии пересечения граней ячеек расчетной сетки нулевого уровня с твердыми телами. Данные для построения этого слоя берутся с клиента и слой может быть построен до запуска на расчет.

Геометрические объекты		Тип переменной
Пространство		отсутствует
Объект	См. Общие параметры слоев	
Отображается	См. Общие параметры слоев	
Отсекается	См. Общие параметры слоев	
Поверхностная	'Нет' = показывать всю стеку 'Да' = показывать только ячейки, находящиеся на поверхности параллелепипеда, являющегося границей начальной стеки. ¹⁾	
Линии	Определяет цвет и толщину линий сетки	
Цвет	Определяет цвет линий сетки	
Толщина	Определяет толщину линий сетки	

¹⁾ При импорте геометрии расчетной области вокруг нее автоматически строится параллелепипед, ограничивающий геометрию по направлениям X, Y, Z. Этот параллелепипед является основой для построения начальной сетки. Ячейки сетки, попавшие внутрь расчетной области, являются расчетными. Ячейки, отсеченные границей расчетной области, являются нерасчетными.

4.4.7.3.5.6 Расчетная сетка

Слой **Расчетная сетка** предназначен для отображения расчетной сетки в объектах, на которых построен слой.

Объекты		Тип переменной
Пространство		отсутствует
Линия		
Плоскость		
Параллелепипед		
Конус/цилиндр		
Эллипсоид/сфера		
Импортированный объект		
Название	См. Общие параметры слоев	
Объект	См. Общие параметры слоев	
Отображается	См. Общие параметры слоев	
Отсекается	См. Общие параметры слоев	
Освещен	См. Общие параметры слоев	
Сохранение в файл	См. Общие параметры слоев	
Видимая часть	Группа параметров, позволяющая отобразить лишь некоторый ограниченный диапазон ячеек сетки	
От сет. плоскостей	Номер первой отображаемой сеточной плоскости по каждому направлению (отсчитывается от 0)	
X		
Y		
Z		
Кол-во шагов	Количество отображаемых интервалов сетки по каждому направлению.	

		Если задано значение -1, то по данному направлению отображаются все ячейки, если задано значение 0, то по данному направлению отображается только одна сеточная линия
	X	
	Y	
	Z	
Уровни		Группа параметров, управляющих отображением уровней ячеек
	Стартовый	Номер уровня адаптации, начиная с которого отображается адаптированная сетка
	Количество	Количество отображаемых уровней адаптации (отсчитывается от стартового).
	Терминальные	Отображение только реальных (терминальных) ячеек. Набор реальных ячеек - конечный результат применения всех критериев адаптации. Нетерминальная - ячейка, претерпевшая дробление. Раздробленная ячейка не считается реальной.
Размер		Размер ячейки от первоначального (в процентах)
Структурирование		Распределение ячеек в сетке: Вся сетка - отображение неразделенной сетки Процессоры - отображение распределения сетки по процессорам Гиперячейки - отображение разбиения стеки на гиперячейки
Структурирование		Вся сетка
Отображение		См. Общие параметры слоев
Структурирование		Процессоры
Процессоры		
	Видимые	Номера процессоров, ячейки которых отображаются в графической области
	Метод	См. Общие параметры слоев , Отображение
	Линии	См. Общие параметры слоев , Отображение
	Цвет	
	...	
	[i]	Цвет линий ячеек i-го процессора
	...	
	Толщина	
	...	
	[i]	Толщина линий ячеек i-го процессора
	...	
Закраска		См. Общие параметры слоев , Отображение
	Цвет	
	...	
	[i]	Закраска граней ячеек i-го процессора
	...	
	Непрозрачность	См. Общие параметры слоев , Отображение
	...	
	[i]	Непрозрачность граней ячеек i-го процессора (в процентах)
	...	
Структурирование		Гиперячейки
	Видимые	Номера гиперячеек, которые отображаются в графической области
	Метод	См. Общие параметры слоев , Отображение
	Линии	См. Общие параметры слоев , Отображение
	Цвет	
	...	
	[i]	Цвет линий ячеек i-й гиперячейки
	...	
	Толщина	
	...	
	[i]	Толщина линий ячеек i-й гиперячейки
	...	
Закраска		См. Общие параметры слоев , Отображение
	Цвет	
	...	
	[i]	Закраска граней ячеек i-й гиперячейки
	...	
	Непрозрачность	

...	[i]	Непрозрачность граней ячеек i-й гиперячейки (в процентах)
Процессоры	...	
...	[i]	Номер процессора, которому принадлежит i-ая гиперячейка
...		
Данные с солвера	См. Общие параметры окон Инфо	
Номер шага	См. Общие параметры окон Инфо	
Время	См. Общие параметры окон Инфо	
Всего ячеек	Общее количество ячеек	
Расчетных ячеек	Количество расчетных ячеек	
Уровни		
...		
[i]	Всего	Общее количество ячеек i-го уровня адаптации
	Расчетных	Количество расчетных ячеек i-го уровня адаптации
...		
Процессоры		
...		
[i]	Всего	Общее количество ячеек на i-ом процессоре
	Расчетных	Количество расчетных ячеек на i-ом процессоре
...		

При каждом выводе в файл записывается строка, содержащая следующую информацию:

Step	См. Общие параметры текстовых файлов
Time	См. Общие параметры текстовых файлов
TotalCells	Общее количество ячеек
CalcCells	Количество расчетных ячеек
Levels	Количество уровней адаптации
...	
Total i	Общее количество ячеек i-го уровня адаптации
Calc i	Количество расчетных ячеек i-го уровня адаптации
...	

4.4.7.3.5.7 Сечение расчетной сетки

Слой **Сечение расчетной сетки** предназначен для отображения ячеек расчетной сетки, расположенных в плоскости, на которой построен слой.

Геометрические объекты	Тип переменной
Плоскость	отсутствует

Название	См. Общие параметры слоев
Объект	См. Общие параметры слоев
Отображается	См. Общие параметры слоев
Отсекается	См. Общие параметры слоев
Освещен	См. Общие параметры слоев
Структурирование	Распределение ячеек в сетке: Вся сетка - отображение неразделенной сетки Процессоры - отображение распределения сетки по процессорам Гиперячейки - отображение разбиения стеки на гиперячейки
Структурирование	Вся сетка
Отображение	См. Общие параметры слоев
Структурирование	Процессоры
Процессоры	
Видимые	Номера процессоров, ячейки которых отображаются в графической области
Метод	См. Общие параметры слоев , Отображение
Линии	См. Общие параметры слоев , Отображение

Цвет	...	
	[i]	Цвет линий ячеек i-го процессора
	...	
Толщина	...	
	[i]	Толщина линий ячеек i-го процессора
	...	
Закраска		См. Общие параметры слоев , Отображение
Цвет	...	
	[i]	Закраска граней ячеек i-го процессора
	...	
Непрозрачность		См. Общие параметры слоев , Отображение
	...	
	[i]	Непрозрачность граней ячеек i-го процессора (в процентах)
	...	
Структурирование		Гиперячейки
Видимые		Номера гиперячеек, которые отображаются в графической области
Метод		См. Общие параметры слоев , Отображение
Линии		См. Общие параметры слоев , Отображение
Цвет	...	
	[i]	Цвет линий ячеек i-й гиперячейки
	...	
Толщина	...	
	[i]	Толщина линий ячеек i-й гиперячейки
	...	
Закраска		См. Общие параметры слоев , Отображение
Цвет	...	
	[i]	Закраска граней ячеек i-й гиперячейки
	...	
Непрозрачность	...	
	[i]	Непрозрачность граней ячеек i-й гиперячейки (в процентах)
	...	
Процессоры	...	
	[i]	Номер процессора, которому принадлежит i-ая гиперячейка
	...	

4.4.7.3.5.8 Отладочная ячейка

Слой **Отладочная ячейка** предназначен для визуализации положения ячейки расчетной сетки в подобласти и значений переменной в данной ячейке.

Геометрические объекты	Тип переменной
Пространство	отсутствует
Линия	
Плоскость	

Название	См. Общие параметры слоев
Объект	См. Общие параметры слоев
Отображается	См. Общие параметры слоев
Отсекается	См. Общие параметры слоев
Освещен	См. Общие параметры слоев
Сохранение в файл	См. Общие параметры слоев
Идентификация	Задание положения ячейки (доступно только если Объект = 'Пространство')
Способ	Способ выбора визуализируемой ячейки: По уникальному индексу - для разработчиков По двойному индексу - для разработчиков По координате - задание положения ячейки посредством координат
Уникальный индекс	Для разработчиков
Двойной индекс	

	Гиперячейка	
	Ячейка	
Координаты	X	Координаты ячейки (информационное поле)
	Y	
	Z	
Бокс		Задание отображения ячейки. Более подробно см. Общие параметры слоев , п. Отображение
Соседи		Задание отображения соседей визуализируемой ячейки
Показать		Показать соседей визуализируемой ячейки
Размер		Размер соседей визуализируемой ячейки (в процентах от исходного)
Линии		
	Цвет	Цвет линий
	Толщина	Толщина линий
Граница		
Показать		Отобразить треугольники геометрии, попадающие в визуализируемую ячейку.
Отображение		
Отсекать		Отобразить только те части треугольников, которые находятся внутри визуализируемой ячейки
	Каркас	Отобразить каркас треугольников
	Цвет	Выбор цвета каркаса
Центры чипов		
Показать		Отобразить центры граней ячейки в виде точек
Точки		
	Цвет	Задание цвета точек
	Размер	Задание размера точек
Данные с солвера		См. Общие параметры окон Инфо
Класс ячейки		Для разработчиков
Тип ячейки		Для разработчиков
Уникальный индекс		Для разработчиков
Двойной индекс		Для разработчиков
Уровень		Для разработчиков
Центр		Координаты центра ячейки
X		
Y		
Z		
Полуразмер		Половина размера ячейки
X		
Y		
Z		
Модель		Модель, заданная в данной ячейке
Выполнение теоремы Гаусса		Для разработчиков
Без фазы		Группа переменных, не принадлежащих фазам
Названия переменных		Значения переменных в ячейке
		Группа переменных, заданных в Фазе i
Фаза#i		
Названия переменных, не принадлежащих физическим процессам		Значения переменных в ячейке
		Тип физического процесса
Название физического процесса		
Названия переменных, принадлежащих физическому процессу		Значения переменных в ячейке

При каждом выводе в файл записывается строка, содержащая следующую информацию:

Step	См. Общие параметры текстовых файлов
Time	См. Общие параметры текстовых файлов
Class	Для разработчиков
Type	Для разработчиков
ID	Для разработчиков
Hypercell	Для разработчиков
Cell	Для разработчиков
Level	Для разработчиков
Center.x	Координаты центра ячейки по x
Center.y	Координаты центра ячейки по y
Center.z	Координаты центра ячейки по z
HalfSize.x	Половина размера ячейки по x
HalfSize.y	Половина размера ячейки по y
HalfSize.z	Половина размера ячейки по z
Model	Модель, заданная в данной ячейке
NoPhase	Группа переменных, не принадлежащих фазам
Названия переменных	Значения переменных в ячейке
Phase #i	Группа переменных, заданных в Фазе i
Названия переменных, не принадлежащих физическим процессам	Значения переменных в ячейке
Название физического процесса	Тип физического процесса
Названия переменных, принадлежащих физическому процессу	Значения переменных в ячейке

4.4.7.3.5.9 Набор ячеек

Слой **Набор ячеек** предназначен для отображения ячеек определенных типов . Данные для построения этого слоя берутся с солвера и слой не может быть построен до запуска на расчет.

Геометрические объекты	Тип переменной
Пространство Линия Плоскость Параллелепипед Конус/цилиндр Эллипсоид/сфера	отсутствует

Название	См. Общие параметры слоев
Объект	см. Общие параметры слоев
Части	см. Общие параметры слоев
Отображается	см. Общие параметры слоев
Отсекается	см. Общие параметры слоев
Освещен	см. Общие параметры слоев
Тип	<p>Выбор типа отображаемых ячеек расчетной сетки:</p> <p>'Все' - ячейки, принадлежащие Объекту или выбранным частям Объекта</p> <p>'Маленькие' – ячейки, которые после отсека геометрии стали меньше допустимого размера. Маленькие ячейки автоматически присоединяются к соседним большим ячейкам.</p> <p>'Плохие маленькие' - маленькие ячейки, которые не смогли присоединиться к соседней ячейке (плохие маленькие ячейки выкидываются из расчетной сетки)</p> <p>'Зазорные' – ячейки, в которых установлена модель зазора.</p> <p>'Свободная поверхность' – ячейки, через которые проходит свободная поверхность (в</p>

расчете должен быть включен расчет [Переноса фазы](#)).

'Граничные' - ячейки, через которые проходит граница основной геометрии и подвижного тела.

Размер Видимый размер ячейки (в процентах от исходного)

Отображение См. [Общие параметры слоев](#)

Данные с солвера См. [Общие параметры окон Инфо](#)

Тип Тип ячеек

Число ячеек Количество ячеек заданного типа

4.4.7.3.5.10 Цветовые контуры

Слой **Цветовые контуры** предназначен для визуализации распределения скалярной переменной с помощью цветовых переходов.

Геометрические объекты	Тип переменной
Плоскость	скаляр вектор*
Параллелепипед	
Конус/цилиндр	
Эллипсоид/сфера	
Импортированный объект	
Супергруппа	

Примечания:

* Для векторной переменной используется модуль векторной величины.

Название См. [Общие параметры слоев](#)

Объект См. [Общие параметры слоев](#)

Части См. [Общие параметры слоев](#)

Ограничения См. [Общие параметры слоев](#)

Отображается См. [Общие параметры слоев](#)

Отсекается См. [Общие параметры слоев](#)

Освещен См. [Общие параметры слоев](#)

Обновление См. [Общие параметры слоев](#)

Сохранение в файл См. [Общие параметры слоев](#)

Переменная См. [Общие параметры слоев](#)

На регулярной сетке Да - построить контуры на регулярной сетке, задаваемой в группе параметров Сетка

Нет - построить контуры в центрах ячеек сетки

Сетка Задание частоты узлов сетки.

Размер1

Размер2

Сдвиг Построение слоя на заданном расстоянии от поверхности объекта. Положительное направление сдвига отсчитывается от поверхности вглубь расчетной подобласти.

Диапазон См. [Общие параметры слоев](#)

Метод Выбор метода отображения контуров

Цветовая заливка - отображение сплошного цветового поля

Изолинии - отображение цветных линий, соответствующих цветам палитры

Цветовой каркас - отображение раскрашенного каркаса сетки

Толщина Задание толщины линий (доступно только при Метод=Изолинии)

Палитра См. [Общие параметры слоев](#)

Данные с солвера См. [Общие параметры окон Инфо](#)

Переменная См. [Общие параметры окон Инфо](#)

Палитра См. [Общие параметры окон Инфо](#)

Заголовок файла с описанием формата представления данных (данные выводятся в строки).

При каждой записи в файл записываются nхm последовательностей чисел (каждая в отдельной строке)

Каждая строка описывает один узел цветовых контуров

В начале каждой строки присутствуют следующие столбцы:

Step См. [Общие параметры текстовых файлов](#)

Time См. [Общие параметры текстовых файлов](#)

Variable См. [Общие параметры текстовых файлов](#)

NumPoints См. [Общие параметры текстовых файлов](#)

Строка с номером i выглядит следующим образом:

point i.x X-координата узла

point i.y Y-координата узла

point i.z Z-координата узла
value значение переменной

4.4.7.3.5.11 Векторы

Слой **Векторы** предназначен для визуализации векторных полей.

Геометрические объекты	Тип переменной
Пространство Плоскость Параллелепипед Конус/цилиндр Эллипсоид/сфера Импортированный объект Супергруппа	вектор

Название	См. Общие параметры слоев
Объект	см. Общие параметры слоев
Ограничения	см. Общие параметры слоев
Части	см. Общие параметры слоев
Отображается	см. Общие параметры слоев
Отсекается	см. Общие параметры слоев
Обновление	см. Общие параметры слоев
Сохранение в файл	см. Общие параметры слоев
Переменная	см. Общие параметры слоев
Сдвиг	Построение слоя на заданном расстоянии от поверхности объекта. Положительное направление сдвига отсчитывается от поверхности вглубь расчетной подобласти.
На регулярной сетке	Да - построить вектора на регулярной сетке, задаваемой в группе параметров Сетка
Сетка	Нет - построить вектора в центрах ячеек сетки
Размер1	Задание частоты узлов сетки.
Размер2	Число узлов сетки вдоль первого направления
Размер3	Число узлов сетки вдоль второго направления
Масштабирование	Число узлов сетки вдоль третьего направления (доступно, если Объект = 'Пространство', 'Параллелепипед', 'Импортированный объект', 'Супергруппа')
Постоянная длина	Группа параметров, управляющая длиной векторов. Да: длина векторов постоянна и вычисляется по формуле $L = L_{ref}$
Режим	Нет: длина векторов пропорциональна значению переменной и вычисляется по формуле: $L = \frac{ V_{cur} }{ V_{max} } \cdot L_{ref}$ $ V_{cur} $ – текущее значение модуля векторной величины $ V_{max} $ – текущее значение модуля векторной величины
Максимум	Выбор режима определения $ V_{max} $: Локальный – определяется автоматически по значениям переменной на объекте Глобальный – определяется автоматически по значениям переменной во всей фазе, Ручной – задается параметром Максимум
Опорная длина	Задание величины $ V_{max} $ Задание величины L_{ref}
Метод	Выбор метода отображения векторных переменных (доступно при построении векторов на поверхностях): Векторы - отображение полных векторов Нормальные составляющие - отображение только нормальных составляющих векторов Тангенциальные составляющие - отображение только тангенциальных

Линии	составляющих векторов
Цвет	Группа параметров, управляющая цветом и толщиной векторов
Толщина	Задание цвета векторов
Стрелки	Задание толщины векторов
Тип	Выбор типа отображения стрелок: Без стрелок - стрелки не отображаются Линии - стрелки отображаются в виде линий Треугольники - стрелки отображаются в виде треугольников Пирамида - стрелки отображаются в виде пирамид
Размер	Задание размера стрелки (в процентах от длины вектора)
Угол	Задание угла между линиями стрелки и направлениями вектора (в градусах)
Точки	Группа параметров, управляющая отрисовкой точек-начал векторов
Показать	Отображать/не отображать точки
Цвет	Цвет точек-начал векторов
Раскраска	Группа параметров, отвечающих за раскраску векторов
Переменная	См. Общие параметры слоев
Диапазон	См. Общие параметры слоев
Палитра	См. Общие параметры слоев
Данные с солвера	См. Общие параметры окон Инфо
Переменная	Информация о переменной, по которой строятся вектора См. Общие параметры окон Инфо
Доп. переменная	Информация о переменной, по которой проводится раскраска векторов См. Общие параметры окон Инфо
Палитра	См. Общие параметры окон Инфо

Заголовок файла с описанием формата представления данных (данные выводятся в строки).

При каждой записи в файл записываются nхm последовательностей чисел (каждая в отдельной строке)
 Каждая строка описывает один вектор

В начале каждой строки присутствуют следующие столбцы:

Step	См. Общие параметры текстовых файлов
Time	См. Общие параметры текстовых файлов
Variable	См. Общие параметры текстовых файлов
NumPoints	См. Общие параметры текстовых файлов

Строка с номером i выглядит следующим образом:

point i.x	X-координата начальной точки вектора
point i.y	Y-координата начальной точки вектора
point i.z	Z-координата начальной точки вектора
value i.x	X-компонента вектора
value i.y	Y-компонента вектора
value i.z	Z-компонента вектора
value i.length	Длина вектора
normal i.x	Направление нормали к поверхности в точке x,y,z.
normal i.y	
normal i.z	
cover i	Значение переменной, по которой проведена раскраска вектора

4.4.7.3.5.12 График вдоль прямой

Слой **График вдоль прямой** предназначен для визуализации распределения скалярной переменной вдоль прямой в виде графика.

Геометрические объекты	Тип переменной
Плоскость	скаляр
Линия	вектор*

Примечания:

* Для векторной переменной используется модуль векторной величины.

Начало луча совпадает с центром базового объекта (**Плоскость** или **Линия**).

Оси графика определяются следующим образом:

Оси графика	Базовый объект = Плоскость	Базовый объект = Линия
X	Одна из координатных линий Плоскости	Совпадает с направлением Линии.
Y	Линия на Плоскости, перпендикулярная к оси X графика.	Строится ортогонально Линии

График отображается как неосвещенная ломаная с фиксированным числом звеньев, расположенная в первой координатной четверти осей графика. На положительных концах осей расположены маленькие освещенные конусы.

В плоскости графика отображаются следующие комментарии:

Длина оси абсцисс около положительного конца оси абсцисс.

Максимальное значение переменной около положительного конца оси ординат.

Минимальное значение переменной около отрицательного конца оси ординат.

Кроме того, в зависимости от установленных свойств в плоскости графика могут отрисовываться координатные линии параллельно каждой из осей.

Название	См. Общие параметры слоев
Объект	См. Общие параметры слоев
Отображается	См. Общие параметры слоев
Отсекается	См. Общие параметры слоев
Обновление	См. Общие параметры слоев
Сохранение в файл	См. Общие параметры слоев
Переменная	См. Общие параметры слоев
Число точек	Число точек, по которым строится график.
Угол поворота	Задание угла поворота оси ординат.
Диапазон	См. Общие параметры слоев
Ось X	Группа параметров, управляющая осью абсцисс графика
Кол-во отрезков	Количество делений на оси
Инвертировать	Изменение направления оси
Длина	Задание длины оси
Режим	Выбор режима определения длины оси: Автоматический – длина оси равна расстоянию от начала координат до границы расчетной области. Ручной – длина оси задается вручную.
Значение	Задание величины длины оси
Ось Y	Аналог. Ось X
Отображение	
Показать сетку	Отображение сетки графика
Рисовать поверх	Рисование графика поверх других элементов Графического окна
График	Группа параметров, управляющих отображением линии графика и подписей к осям графика
Цвет	Цвет линии графика и подписей к осям графика
Толщина	Толщина линии графика
Оси	Группа параметров, управляющая отображением осей графика
Цвет	Цвет осей графика
Толщина	Толщина осей графика
Сетка	См. Общие параметры слоев , п. Отображение
Стрелки	Цвет стрелок на концах осей графика
Раскраска	См. Общие параметры слоев
Данные с солвера	См. Общие параметры окон Инфо
Значащих точек	Количество точек, по которым строится график
Переменная	См. Общие параметры окон Инфо
Среднее значение	См. Общие параметры окон Инфо
Максимум	См. Общие параметры окон Инфо

Минимум	См. Общие параметры окон Инфо
Доп. переменная	Переменная, по значениям которой производится раскраска графика. См. Общие параметры окон Инфо
Среднее значение	См. Общие параметры окон Инфо
Максимум	См. Общие параметры окон Инфо
Минимум	См. Общие параметры окон Инфо
Палитра	См. Общие параметры окон Инфо
При каждой записи в файл выводится следующая информация:	
Step	См. Общие параметры текстовых файлов
Time	См. Общие параметры текстовых файлов
Variable	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverVariable	См. Общие параметры текстовых файлов
NumPoints	См. Общие параметры текстовых файлов
Length	См. Общие параметры текстовых файлов
Avg	См. Общие параметры текстовых файлов
Min	См. Общие параметры текстовых файлов
MinArg	См. Общие параметры текстовых файлов
MinPt.x	См. Общие параметры текстовых файлов
MinPt.y	См. Общие параметры текстовых файлов
MinPt.z	См. Общие параметры текстовых файлов
Max	См. Общие параметры текстовых файлов
MaxArg	См. Общие параметры текстовых файлов
MaxPt.x	См. Общие параметры текстовых файлов
MaxPt.y	См. Общие параметры текстовых файлов
MaxPt.z	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverAvg	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMin	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinArg	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinPt.x	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinPt.y	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinPt.z	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMax	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxArg	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxPt.x	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxPt.y	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxPt.z	См. Общие параметры текстовых файлов
Number	См. Общие параметры текстовых файлов
Arg	См. Общие параметры текстовых файлов
Value	См. Общие параметры текстовых файлов
x	См. Общие параметры текстовых файлов
y	См. Общие параметры текстовых файлов
z	См. Общие параметры текстовых файлов

4.4.7.3.5.13 График вдоль кривой

Слой **График вдоль кривой** предназначен для визуализации распределения скалярной переменной вдоль кривой в виде графика. Кривая образуется пересечением плоскости, на которой создан график, с границей области. Кривых может быть несколько.

Геометрические объекты	Тип переменной
Плоскость	скаляр вектор*

Примечания:

* Для векторной переменной используется модуль векторной величины.

Начало графика совпадает с центром **Плоскости**.

Оси графика определяются следующим образом:

Оси графика	Базовый объект = Плоскость
X	Проекция кривой на одну из координатных линий Плоскости
Y	Линия на Плоскости, перпендикулярная к оси X графика.

График отображается как неосвещенная ломаная с фиксированным числом звеньев, расположенная в первой координатной четверти осей графика. На положительных концах осей расположены маленькие освещенные конусы.

В плоскости графика отображаются следующие комментарии:

Длина оси абсцисс около положительного конца оси абсцисс.

Максимальное значение переменной около положительного конца оси ординат.

Минимальное значение переменной около отрицательного конца оси ординат.

Кроме того, в зависимости от установленных свойств в плоскости графика могут отрисовываться координатные линии параллельно каждой из осей.

Название	См. Общие параметры слоев
Объект	См. Общие параметры слоев
Отображается	См. Общие параметры слоев
Отсекается	См. Общие параметры слоев
Обновление	См. Общие параметры слоев
Сохранение в файл	См. Общие параметры слоев
Переменная	См. Общие параметры слоев
Сдвиг	Построение графика вдоль кривой, полученной посредством сдвига первоначальной кривой внутрь области.
Число точек	Число точек, по которым строится график.
Распределить по	'Каждой кривой' - распределить Число точек равномерно вдоль каждой кривой. 'Всем кривым' - распределить Число точек равномерно вдоль всех кривых.
Угол поворота	Задание угла поворота оси абсцисс.
Диапазон	См. Общие параметры слоев
Подобласти	Выбор Подобласти, по данным из которой строится график
[0]	Выбор Подобласти для 0-го графика
[1]	Выбор Подобласти для 1-го графика
[..]	
Ось X	Группа параметров, управляющая осью абсцисс графика
Кол-во отрезков	Количество делений на оси
Инвертировать	Изменение направления оси
Длина	Задание длины оси
Режим	Выбор режима определения длины оси: Автоматический – длина оси равна расстоянию от начала координат до границы расчетной области. Ручной – длина оси задается вручную.
Значение	Задание величины длины оси
Ось Y	Аналог. Ось X
Отображение	
Показать сетку	Отображение сеток графиков
Рисовать поверх	Рисование графиков поверх других элементов Графического окна
Оси	Группа параметров, управляющая отображением осей графиков
Цвет	Цвет осей графиков
Толщина	Толщина осей графиков
Сетка	См. Общие параметры слоев , п. Отображение
Стрелки	Цвет стрелок на концах осей графиков
Подписи	Цвет подписей к графикам
Графики	Группа параметров, управляющих отображением линии графиков
Видимые	Номера отображаемых графиков
Линии	
Цвет	
[0]	Цвет 0-го графика
[1]	Цвет 1-го графика

	[..]	
	Толщина	
	[0]	Толщина 0-го графика
	[1]	Толщина 1-го графика
	[..]	
	Число точек	
	[0]	Число точек на 0-ом графике
	[1]	Число точек на 1-ом графике
	[..]	
Раскраска		См. Общие параметры слоев
Данные с солвера		См. Общие параметры окон Инфо
Переменная		Переменная, по значениям которой строится график. См. Общие параметры окон Инфо
[i]		Номер кривой, вдоль которой строится график
Значащих точек		Количество точек, по которым строится график
Длина		Длина кривой
Среднее значение		См. Общие параметры окон Инфо
Максимум		См. Общие параметры окон Инфо
Минимум		См. Общие параметры окон Инфо
Доп. переменная		Переменная, по значениям которой производится раскраска графика. См. Общие параметры окон Инфо
[i]		Номер кривой, по которой производится раскраска
Среднее значение		См. Общие параметры окон Инфо
Максимум		См. Общие параметры окон Инфо
Минимум		См. Общие параметры окон Инфо
Палитра		Общие параметры окон Инфо
При каждой записи в файл выводится следующая информация:		
Step		См. Общие параметры текстовых файлов
Time		См. Общие параметры текстовых файлов
Variable		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverVariable		См. Общие параметры текстовых файлов
Plot i		График вдоль i-ой кривой
NumPoints		См. Общие параметры текстовых файлов
Length		См. Общие параметры текстовых файлов
Avg		См. Общие параметры текстовых файлов
Min		См. Общие параметры текстовых файлов
MinArg		См. Общие параметры текстовых файлов
MinPt.x		См. Общие параметры текстовых файлов
MinPt.y		См. Общие параметры текстовых файлов
MinPt.z		См. Общие параметры текстовых файлов
Max		См. Общие параметры текстовых файлов
MaxArg		См. Общие параметры текстовых файлов
MaxPt.x		См. Общие параметры текстовых файлов
MaxPt.y		См. Общие параметры текстовых файлов
MaxPt.z		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverAvg		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMin		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinArg		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinPt.x		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinPt.y		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinPt.z		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMax		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxArg		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxPt.x		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxPt.y		См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxPt.z		См. Общие параметры текстовых файлов
Number		См. Общие параметры текстовых файлов
Arg		См. Общие параметры текстовых файлов
Value		См. Общие параметры текстовых файлов

x	См. Общие параметры текстовых файлов
y	См. Общие параметры текстовых файлов
z	См. Общие параметры текстовых файлов

4.4.7.3.5.14 График вдоль эллипса

Слой **График вдоль эллипса** предназначен для визуализации распределения скалярной переменной вдоль дуги эллипса в виде графика. Дуга эллипса строится на плоскости, на которой создан график. Центр эллипса совпадает с центром Плоскости.

Геометрические объекты	Тип переменной
Плоскость	скаляр
Линия	вектор*

Примечания:

* Для векторной переменной используется модуль векторной величины.

Оси графика определяются следующим образом:

Оси графика	Базовый объект = Плоскость	Базовый объект = Линия
X	Дуга эллипса на Плоскости с центром, совпадающим с центром Плоскости	Дуга эллипса в плоскости, проходящей через начало Линии и перпендикулярной Линии.
Y	Линия, проходящая через центр Плоскости и перпендикулярная Плоскости.	Линия

График отображается как неосвещенная ломаная с фиксированным числом звеньев, расположенная на боковой поверхности цилиндра, основанием которого является эллипс, а высотой - ось Y графика. На положительном конце оси Y расположен маленький освещенный конус.

В плоскости графика отображаются следующие комментарии:

Максимальное значение переменной около положительного конца оси ординат.

Минимальное значение переменной около отрицательного конца оси ординат.

Кроме того, в зависимости от установленных свойств в плоскости графика могут отрисовываться координатные линии параллельно каждой из осей.

Название	См. Общие параметры слоев
Объект	См. Общие параметры слоев
Отображается	См. Общие параметры слоев
Отсекается	См. Общие параметры слоев
Обновление	См. Общие параметры слоев
Сохранение в файл	См. Общие параметры слоев
Переменная	См. Общие параметры слоев
Число точек	Число точек, по которым строится график.
Угол поворота	Задание угла поворота оси эллипса относительно оси X плоскости.
Ось X	Группа параметров, управляющая осью абсцисс графика (эллипсом)
Кол-во отрезков	Количество делений на оси
Тип	Тип оси: 'Окружность' - ось X является частью окружности 'Эллипс' - ось X является частью эллипса
Радиус	Радиус окружности.
Радиус 1	Первый радиус эллипса.
Радиус 2	Второй радиус эллипса.
Начало дуги	Координата начала дуги (в градусах).
Угол дуги	Величина дуги (в градусах).
Ось Y	
Кол-во отрезков	Количество делений на оси
Инвертировать	'Нет' - направление оси Y совпадает с направлением нормали плоскости. 'Да' - направление оси Y противоположно

	направлению нормали плоскости.
Длина	Длина оси Y.
Отображение	
Показать сетку	Отображение сетки графика
Рисовать поверх	Рисование графика поверх других элементов Графического окна
График	
Цвет	Цвет линии графика и подписей к осям графика
Толщина	Толщина линии графика
Оси	Группа параметров, управляющая отображением осей графиков
Цвет	Цвет осей графиков
Толщина	Толщина осей графиков
Сетка	См. Общие параметры слоев , п. Отображение
Стрелки	Цвет стрелок на концах осей графиков
Раскраска	См. Общие параметры слоев
Данные с солвера	См. Общие параметры окон Инфо
Значащих точек	Количество точек, по которым строится график
Переменная	См. Общие параметры окон Инфо
Среднее значение	См. Общие параметры окон Инфо
Максимум	См. Общие параметры окон Инфо
Минимум	См. Общие параметры окон Инфо
Доп. переменная	Переменная, по значениям которой производится раскраска графика. См. Общие параметры окон Инфо
Среднее значение	См. Общие параметры окон Инфо
Максимум	См. Общие параметры окон Инфо
Минимум	См. Общие параметры окон Инфо
Палитра	См. Общие параметры окон Инфо
При каждой записи в файл выводится следующая информация:	
Step	См. Общие параметры текстовых файлов
Time	См. Общие параметры текстовых файлов
Variable	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverVariable	См. Общие параметры текстовых файлов
NumPoints	См. Общие параметры текстовых файлов
Length	См. Общие параметры текстовых файлов
Avg	См. Общие параметры текстовых файлов
Min	См. Общие параметры текстовых файлов
MinArg	См. Общие параметры текстовых файлов
MinPt.x	См. Общие параметры текстовых файлов
MinPt.y	См. Общие параметры текстовых файлов
MinPt.z	См. Общие параметры текстовых файлов
Max	См. Общие параметры текстовых файлов
MaxArg	См. Общие параметры текстовых файлов
MaxPt.x	См. Общие параметры текстовых файлов
MaxPt.y	См. Общие параметры текстовых файлов
MaxPt.z	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverAvg	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMin	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinArg	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinPt.x	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinPt.y	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMinPt.z	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMax	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxArg	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxPt.x	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxPt.y	См. Общие параметры текстовых файлов
CoverMaxPt.z	См. Общие параметры текстовых файлов

Number	См. Общие параметры текстовых файлов
Arg	См. Общие параметры текстовых файлов
Value	См. Общие параметры текстовых файлов
x	См. Общие параметры текстовых файлов
y	См. Общие параметры текстовых файлов
z	См. Общие параметры текстовых файлов

4.4.7.3.5.15 Объем фазы

Слой **Объем фазы** служит для отображения в трехмерном пространстве части расчетного объема, занимаемой фазой (в текущей версии под фазой понимается VoF).

Геометрические объекты	Тип переменной
Пространство	VoF

Название	См. Общие параметры слоев
Объект	См. Общие параметры слоев
Отображается	См. Общие параметры слоев
Отсекается	См. Общие параметры слоев
Освещен	См. Общие параметры слоев
Обновление	См. Общие параметры слоев
Сглаживание	Включение/выключение сглаживания поверхности
Фаза	Фаза, граница которой отображается
Объем	Доступно, только если Сглаживание = 'Да' 'Да' - отображается граница Фазы с другими Фазами 'Нет' - отображается граница Фазы с другими Фазами и с граничными условиями.
Отображение	См. Общие параметры слоев

4.4.7.3.5.16 Изоповерхность

Слой Изоповерхность предназначен для отображения трехмерных поверхностей, на которых переменная принимает одинаковое значение.

Геометрические объекты	Тип переменной
Пространство	скаляр
Параллелепипед	вектор*
Конус/цилиндр	
Эллипсоид/сфера	
Импортированный объект	

Примечания:

* Для векторной переменной используется модуль векторной величины.

Название	См. Общие параметры слоев
Объект	См. Общие параметры слоев
Отображается	См. Общие параметры слоев
Отсекается	См. Общие параметры слоев
Освещен	См. Общие параметры слоев
Обновление	См. Общие параметры слоев
Сохранение в файл	См. Общие параметры слоев
Переменная	См. Общие параметры слоев
На регулярной сетке	Да - построить контуры на регулярной сетке, задаваемой в группе параметров Сетка Нет - построить контуры в центрах ячеек сетки
Сетка	Задание частоты узлов сетки.
Размер1	
Размер2	
Размер3	
Режим	Режим построения Изоповерхности: 'Одиночный' - построение одной изоповерхности по указанному значению переменной 'Множественный' - построение набора изоповерхностей по набору значений переменной, заданному в палитре
Значение	Значение переменной, по которому строится Изоповерхность (доступно, если Режим = 'Одиночный')
Диапазон	См. Общие параметры слоев (Только Глобальный и Ручной)

Палитра	См. Общие параметры слоев (доступно, если Режим = 'Множественный')
Отображение	См. Общие параметры слоев
Сглаживание	Задание уровня сглаживания Исоповерхности
Релаксация	Уровень сглаживания Исоповерхности посредством способа Релаксация.
Раскраска	Раскраска изоповерхности по выбранной переменной (доступно, если Режим = 'Одиночный')
Переменная	См. Общие параметры слоев
Диапазон	См. Общие параметры слоев
Палитра	См. Общие параметры слоев
Данные с солвера	См. Общие параметры окон Инфо
Переменная	См. Общие параметры окон Инфо
Значение	Значение переменной, по которой строится изоповерхность (доступно, если Режим = 'Одиночный')
Доп. переменная	Информация о переменной, по которой проводится раскраска изоповерхности (доступно, если Режим = 'Одиночный')
Палитра	См. Общие параметры окон Инфо Если Режим = 'Одиночный', то палитра построена по См. Общие параметры окон Инфо

4.4.7.4 Отображение

В дереве **Отображения** задаются параметры фона и освещения.

Корневой элемент **Отображения** - **Графическое окно**

Окно **Свойства Графического окна**:

Расширение	Увеличение видимой области в указанное число раз
Фон	Выбор метода заливки фона 'Одноцветный' - одноцветная заливка 'Градиентный' - градиентная заливка с переходом между двумя цветами 'Палитра' - градиентная заливка с переходом между заданным количеством цветов цветами
Цвет фона	Цвет фона при одноцветной заливке (доступно только при Фон = 'Одноцветный')
Цвет наверху	Цвет фона в верхней части окна при градиентной заливке (доступно только при Фон = 'Градиентный')
Цвет внизу	Цвет фона в нижней части окна при градиентной заливке (доступно только при Фон = 'Градиентный')
Палитра	см. Общие параметры слоев
Туман	Включение тумана, скрывающего удаленные детали сцены

Графическое окно содержит следующие элементы:

1. [Освещение](#)

4.4.7.4.1 Освещение

Освещение - элемент, отвечающий за освещение в графическом окне

Окно **Свойства Освещения**

Фоновая интенсивность Уровень фоновой интенсивности освещения

Контекстное меню **Освещения**

Создать источник Создать [Источник](#)
Свойства См. [Контекстное меню](#)

4.4.7.4.1.1 Источник

Источник - элемент, задающий параметры источника света в графическом окне

Окно **Свойства Источника**:

Название	Название Источника
Включен	Включение освещения от источника
Привязка	'Да' - источник неподвижен относительно расчетной области 'Нет' - источник неподвижен относительно наблюдателя
Тип источника	'Равномерный направленный свет' 'Точечный источник'
Интенсивность	Интенсивность источника

Положение	Положение точечного источника в системе координат графического окна (доступно, если Тип источника = Точечный источник)
X	
Y	
Z	
Затухание	Затухание света от источника в зависимости от расстояния до него (доступно, если Тип источника = Точечный источник)
Линейный компонент	Коэффициент, определяющий линейное затухание света в зависимости от расстояния до источника
Квадратичный компонент	Коэффициент, определяющий квадратичное затухание света в зависимости от расстояния до источника
Направление	Направление распространения равномерного света (доступно, если Тип источника = Равномерный направленный свет)
X	
Y	
Z	

Контекстное меню **Источника**:

Включить	Включить освещение Источника
Привязать к сцене	Включить привязку Источника
Создать	См. Контекстное меню
Копировать	См. Контекстное меню
Удалить	См. Контекстное меню
Свойства	См. Контекстное меню

4.4.8 Окно Мониторинг

Окно **Мониторинг расчета** содержит две закладки:

1. [Статус](#)
2. [График](#)

Обозначение	Величина	Имя в FlowVision	Размерность
n	Номер шага по времени	Номер шага	
τ	Шаг по времени	Шаг по времени	[с]
T	Время расчета	Время расчета	[с]
f^n	Значение переменной на n-ом шаге		[f]
V	Расчетный объем		[м ³]
$R_A(T) = \max_i \left \left(\mathbf{b} - \mathbf{A}f^{n+1} \right)_i D_i \right $ <p>где</p> $\mathbf{A}f^{n+1} = \mathbf{b}$ <p>система алгебраических уравнений, решаемая итерационно относительно переменной f на текущем шаге по времени, $1 < i < N$, N - число ячеек, \mathbf{D} векторный весовой множитель</p>	Алгебраическая невязка	Алгебраическая невязка	
$R_{\text{ном}}(T) = \frac{R(T)}{\max_{0 < t < T} R(t)}$ <p>где</p> $R(T) = \sqrt{\frac{1}{V} \int_V \left(\frac{f^{n+1} - f^n}{\tau} \right)^2 dV}$	Функциональная невязка	Функциональная невязка	[f]

4.4.8.1 Статус

На закладке **Статус** представлена следующая информация:

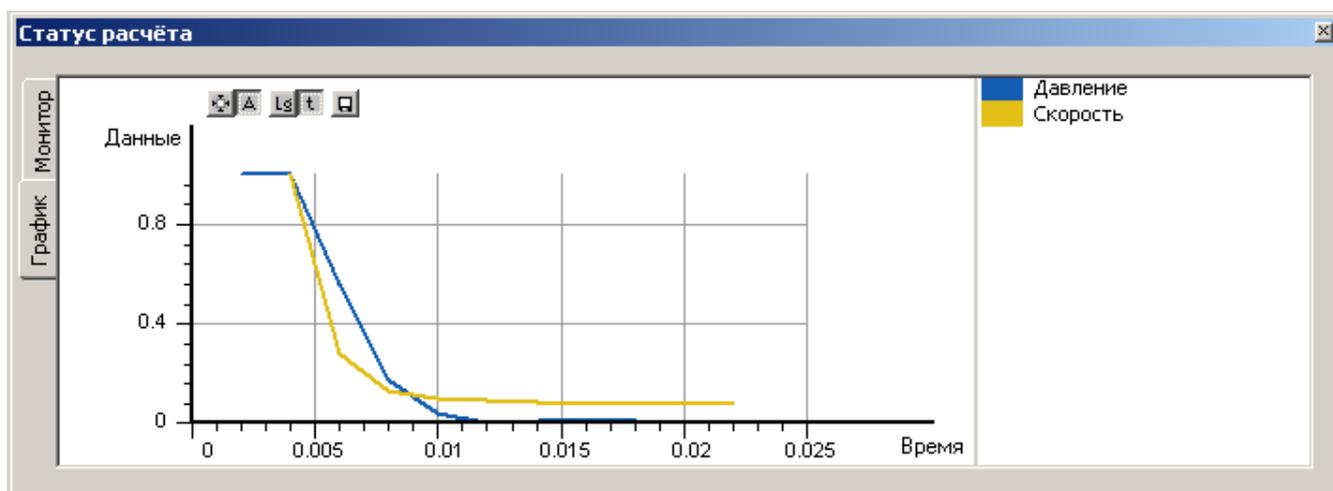
Характеристики для текущего временного шага

Время	Текущее время расчета	T
Номер шага	Номер текущего шага по времени	n
Шаг по времени	Текущее значение шага по времени	τ
Явный шаг по времени	Текущее значение явного шага интегрирования по времени	
Число ячеек	Количество расчетных ячеек	

Характеристики линейных систем уравнений, решаемых на текущем временном шаге. Каждой рассчитываемой переменной соответствует своя система линейных уравнений и своя строка в таблице

Уравнение	Список рассчитываемых переменных	
Итерации	Количество итераций алгебраического решателя (ограничивается параметром Макс. число итераций)	
Алгебраическая невязка	Текущее значение алгебраической невязки (ограничивается параметром Макс. алгебр. невязка)	$R_A(T)$
Функциональная невязка	Текущее значение функциональной невязки	$R_{ном}(T)$

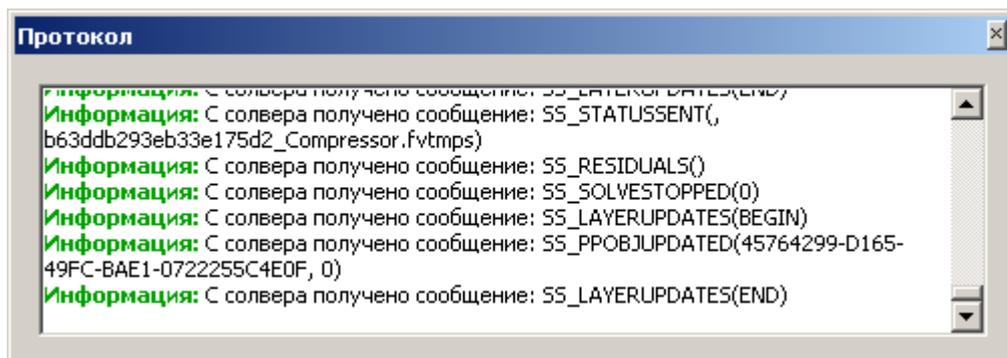
4.4.8.2 График



На закладке **График** отображаются графики функциональных невязок тех переменных, для которых определены [условия останова](#). В качестве переменной оси абсцисс используются время или количество итераций. В качестве переменной оси ординат используется величина функциональной невязки. Масштабирование осей осуществляется посредством левой кнопки мыши. Список переменных, которые отображаются на графике, и соответствующие им цвета можно увидеть в списке справа от графика.

- Установка масштаба осей по умолчанию.
- Автоматический выбор длины оси абсцисс
- Задание логарифмического масштаба оси ординат
- Выбор переменной оси абсцисс
 - Включена - использовать в качестве переменной оси абсцисс время
 - Выключена - использовать в качестве переменной оси абсцисс номер шага
- Сохранение файла невязок в текстовый файл

4.4.9 Окно Протокол



В окне **Протокол** выводятся следующие сообщения о работе ПреПостПроцессора:

1. информационные сообщения ПреПостПроцессора,
2. предупреждения и сообщения об ошибках в работе ПреПостПроцессора,
3. информационные сообщения о взаимодействии ПреПостПроцессора с солвером.

Окно Протокола можно высветить с помощью пункта меню **Вид** → **Протокол**.

4.4.10 Строка состояния

Строка состояния отображает краткое описание выделенного элемента.

4.4.11 Работа с геометрией

Геометрии Расчетной области и Импортированных объектов загружаются во **FlowVision** из систем геометрического моделирования.

Геометрия должна удовлетворять следующим требованиям:

1. объемы, составляющие геометрию, должны быть замкнуты;
2. объемы, составляющие Расчетную область, могут быть вложены друг в друга, но не должны пересекаться.

После [загрузки геометрии](#) доступны следующие операции с ней:

1. [Перегруппировка геометрии](#)
2. [Трансформация геометрии](#)
3. [Замена геометрии](#)
4. [Экспорт геометрии](#)

4.4.11.1 Загрузка геометрии

Геометрия передается во **FlowVision** в одном из следующих стандартных форматов:

1. поверхностная сетка: *WRML*, *STL*, *MESH* (внутренний формат);
2. объемная сетка, на основе которой во **FlowVision** строится соответствующая поверхностная сетка: *ANSYS*, *NASTRAN*, *ABAQUS* (см. [Типы элементов, поддерживаемые импортерами](#)).

Поверхностная сетка представляет собой триангулированную (состоящую из треугольников) поверхность, которая аппроксимирует исходную параметрическую поверхность. Во **FlowVision** точность представления триангулированной поверхности можно изменять только в сторону огрубления с помощью параметра **Допуск** в настройках [Импорта геометрии](#) (этот параметр действует только для форматов *WRML* и *STL*).

При загрузке геометрическая модель автоматически разбивается на группы, на которых затем расставляются граничные условия.

Разбиение на группы зависит от формата файла:

1. формат *WRML*: разбиение на группы проводится по цветам поверхностей. В соответствии с цветом автоматически расставляются граничные условия. Из настроек [Импорта геометрии](#) при загрузке *WRML* действует только **Допуск**.
При использовании этого формата следует иметь в виду, что в некоторых версиях формата WRML в нераскрашенной геометрии все поверхности могут быть объединены в одну группу.
2. формат *STL*: точность отслеживания геометрических параметров и разбиение на группы соответствуют настройкам [Импорта геометрии](#). Информация о цвете поверхности форматом не поддерживается, соответственно, автоматическая расстановка граничных условий по группам не действует.
3. формат *MESH*: разбиение на группы проводится по цветам поверхностей. В соответствии с цветом автоматически расставляются граничные условия. Настройки [Импорта геометрии](#) при загрузке *MESH*

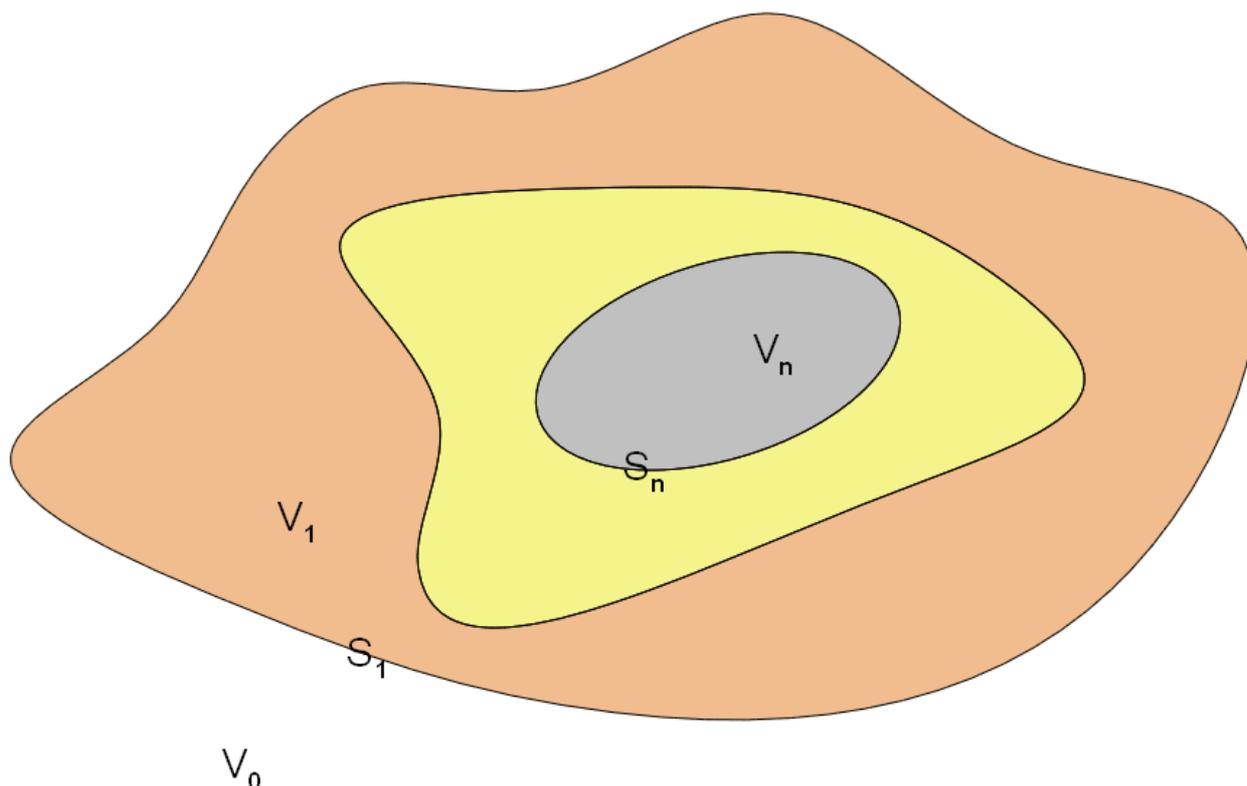
не действуют.

Если автоматическое разбиение на группы не позволяет расставить граничные условия желаемым образом, можно осуществить [Перегруппировку](#).

Геометрия Расчетной области загружается при создании проекта. Геометрия Расчетной области может быть сформирована

1. [на базе одного файла](#)
2. [на базе сборки из нескольких файлов](#)

Если Расчетная область состоит из нескольких объемов, то она разбивается на Подобласти по следующему принципу:



N поверхностей делят пространство на $N+1$ объем.

Пусть N – число вложенных друг в друга поверхностей S_1, S_2, \dots, S_n . Они делят трехмерное пространство на N объемов V_1, V_2, \dots, V_n , имеющих границу, совпадающую со сторонами поверхностей. Еще один объем V_0 является внешним, ему принадлежит сторона только одной поверхности S_1 . Любой из внутренних объемов V_i может быть определен как расчетная область. Внешнему объему V_0 не может быть поставлена в соответствие математическая модель и он автоматически исключается из рассмотрения.

При загрузке геометрии расчетной области в **FlowVision**, система автоматически создает эти объемы, которые по умолчанию называются **Подобласть #1**, **Подобласть #2** и т.д. Отметим, что номера в имени объемов не соответствуют их вложенности в друг друга. Чтобы различить объемы и найти среди них нужный, выделите в папке **Подобласти**, соответствующий объем. Граница выбранной подобласти будет показана в графическом окне варианта.

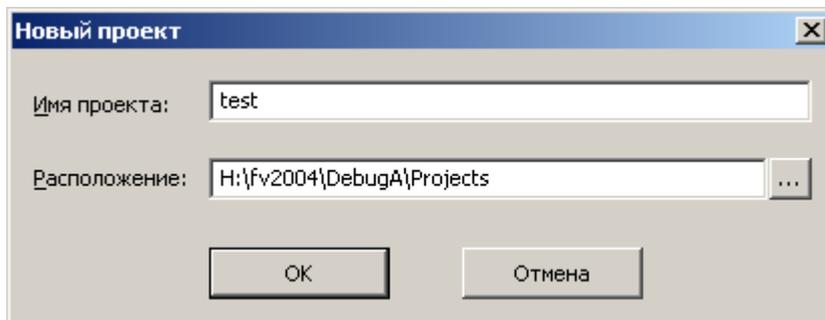
Геометрия Импортированного объекта загружается в процессе задания проекта в папку [Объекты](#)

4.4.11.1.1 Загрузка одного файла

Создание геометрической модели на базе одного файла осуществляется через меню **Файл**→**Создать**. Файл геометрии выбирается в появившемся диалоговом окне.

Также геометрическая модель может быть загружена по "горячей" клавише **Ctrl+N** или по кнопке  панели инструментов.

После загрузки геометрической модели пользователю предлагается задать имя проекта и указать расположение клиентского каталога с файлами проекта.



После этого будет создан соответствующий каталог с файлами клиентской части проекта и в графическом окне **FlowVision** появится геометрическая модель, а в дереве Препроцессора появятся соответствующие объемы.

4.4.11.1.2 Загрузка сборки

Сборка - геометрическая модель, созданная при объединении геометрических моделей из различных файлов. Создание сборки осуществляется через меню **Файл**→**Создать сборку...**

Диалоговое окно загрузки сборки:

Папка	Директория, из которой производится загрузка файлов геометрии
Основное окно	Окно, отображающее файлы геометрии, содержащиеся в Папке
Имя файла	Список имен файлов, выбранных в основном окне.
Тип файлов	Тип файлов, отображаемых в основном окне
Файлы в сборке	Файлы геометрии, включенные в сборку
Добавить	Добавить в сборку файлы, выбранные в основном окне
Удалить	Удалить из сборки файлы, выбранные в окне Файлы в сборке
В начало	Переместить выбранный файл в окне Файлы в сборке в начало списка
Вверх	Переместить выбранный файл в окне Файлы в сборке на одну позицию вверх
Вниз	Переместить выбранный файл в окне Файлы в сборке на одну позицию вниз
В конец	Переместить выбранный файл в окне Файлы в сборке в списка
Ok	Загрузить сборку
Отмена	Отменить создание сборки

После нажатия кнопки **Ok** появится диалоговое окно **Устранение пересечения деталей**.

Устранение пересечения деталей осуществляется посредством создания новой поверхности деталей, полученной посредством сдвига точек исходной поверхности внутрь детали на заданную величину. Сдвиг может осуществляться несколько раз, до тех пор пока пересечения не будут устранены.

Диалоговое окно **Устранение пересечения деталей**:

Макс. кол-во итераций Максимальное количество итераций сдвига.

Оффсет Величина сдвига новой поверхности относительно исходной.

4.4.11.1.3 Типы элементов, поддерживаемые импортерами

Расширение файла	Формат	Тип
dat	ASCII	NASTRAN data file
inp	ASCII	ABAQUS input file
cdb	ASCII	ANSYS Text Database

4.4.11.1.3.1 элементы Abaqus

1. 2D-элементы:

<тип><число узлов><любое буквенное окончание>

<тип> может быть "C2D", "CPE", "CPS", "C2DG", "CPEG", "CPSG", "S", "DS", "STRI", "SFM3D", "R3D"
 <число узлов> может быть "3", "4", "6", "8" или "9" (для "STRI" только "3" или "6", для "R3D" только 3 или 4)

2. 3D-элементы:

C3D<число узлов><любое буквенное окончание>

<число узлов> может быть "4", "6", "8", "10", "15", "15V" (18 узлов), "20" или "27"

4.4.11.1.3.2 элементы Ansys

2D-элементы:	3D-элементы:
Треугольные 6-узловые:	Шестигранные 8-узловые:
PLANE2	SOLID5
PLANE35	SOLID45
PLANE146	SOLID46
Четырехугольные 4-узловые:	HYPER58
PLANE13	SOLID62
PLANE25	SOLID64
PLANE42	SOLID65
PLANE55	SOLID69
HYPER56	SOLID70
PLANE67	HYPER86
PLANE75	SOLID96
VISCO106	SOLID97
PLANE162	VISCO107
PLANE182	SOLID164
Четырехугольные 8-узловые:	SOLID185
PLANE53	Четырехгранные 10-узловые:
HYPER74	SOLID87
PLANE77	SOLID92
PLANE78	SOLID98
PLANE82	HF119
PLANE83	SOLID123
HYPER84	SOLID127
VISCO88	SOLID148
VISCO108	HYPER158
HF118	SOLID187
PLANE121	Шестигранные 20-узловые:
PLANE145	VISCO89
PLANE183	SOLID90
	SOLID95
	SOLID117
	HF120
	SOLID122
	SOLID128
	SOLID147
	SOLID186
	SOLID191

4.4.11.1.3.3 элементы Nastran

2D-элементы:

Треугольники 3-узловые:

CTRIA3
CTRIAR

Треугольники 6-узловые:

CTRIA6 (дополнительные узлы могут отсутствовать)

Четырехугольники 4-узловые:

CQUAD4
CQUADR
CSHEAR
CTWIST

Четырехугольники 8-узловые:

CQUAD8 (дополнительные узлы могут отсутствовать)

3D-элементы (дополнительные узлы могут отсутствовать):

CHEXA – параллелепипед (8-20 узлов)

CPENTA – призма с треугольником в основании (6-15 узлов)

CPYRA – пирамида с четырехугольником в основании (5-13 узлов)

CTETRA – тетраэдр (4-10 узлов)

4.4.11.1.4 Ошибки в геометрической модели

На этапе загрузки геометрии осуществляется проверка геометрической модели на наличие ошибок. Если в ходе этой проверки были выявлены проблемы, то в окно [Протокола](#) будет выведено сообщение **Ошибка: Плохая геометрия**, а после сохранения проекта в дереве ПреПроцессора появится список выявленных ошибок.

Ошибки геометрической модели делятся на следующие типы:

Название ошибки	Описание
Граничные ребра	В геометрической модели присутствуют ребра, образующие границу незамкнутой поверхности
Перекрытие	В геометрической модели присутствуют ребра, принадлежащие перекрывающимся треугольникам
Висячие ребра	В геометрической модели присутствуют ребра, не принадлежащие ни одному треугольнику;
Многолиственность	В геометрической модели присутствуют ребра, принадлежащие более чем двум треугольникам

При выделении в дереве каждого типа ошибок, в Графическом окне проекта все ошибки данного типа будут выделены красным цветом.

4.4.11.2 Перегруппировка геометрии

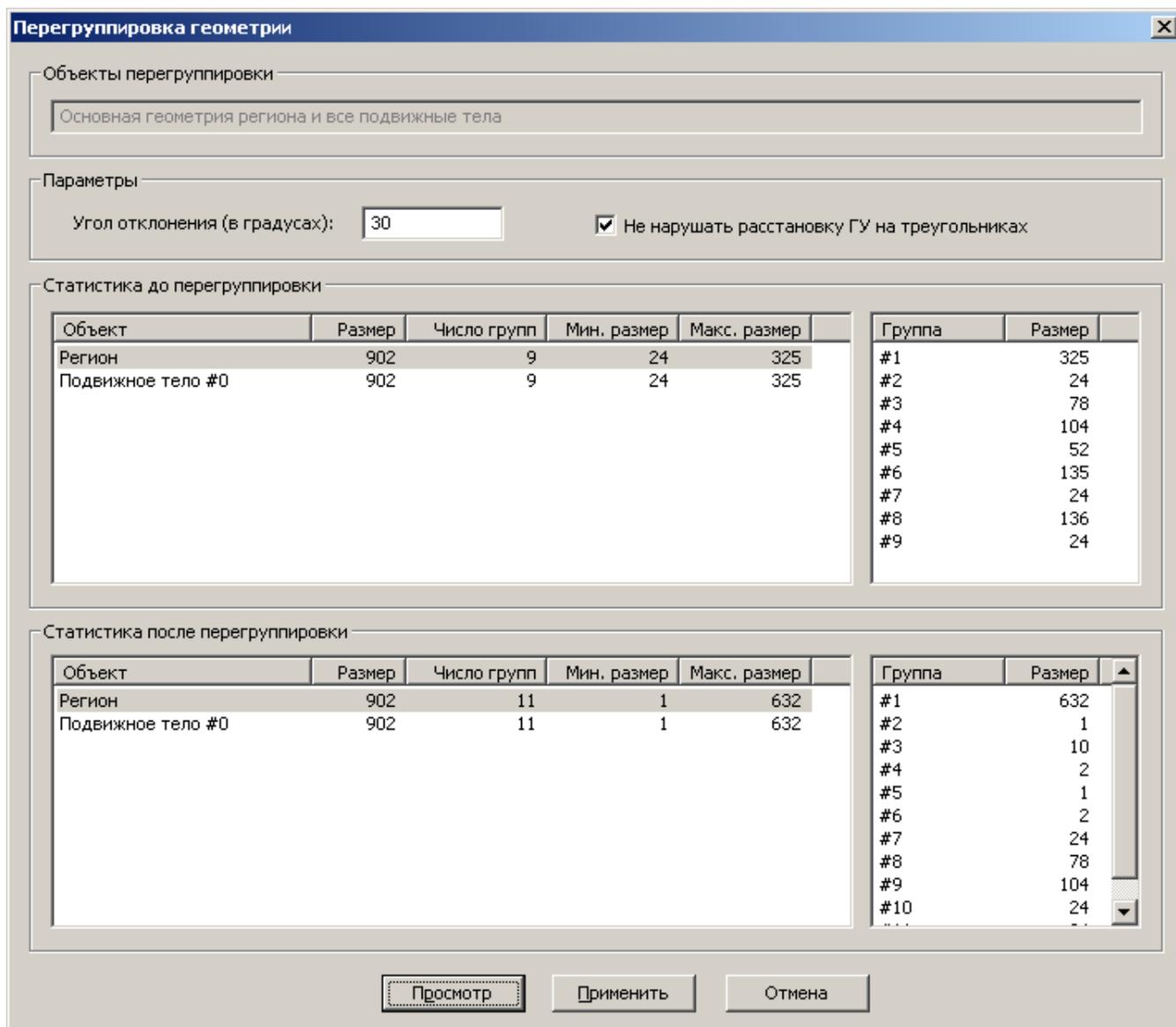
Перегруппировка геометрии – переразбиение геометрии на группы, согласно заданным критериям.

Основной критерий – это **угол отклонения** – угол между нормальными соседних треугольников, принадлежащих разным группам. Например, в случае, когда загруженная геометрия представляет из себя кубик, угол отклонения, равный 90°, означает, что одна группа треугольников соответствует одной грани кубика. Таким образом, чем угол отклонения меньше, тем мельче разбиение на группы, и наоборот, чем этот угол больше, тем крупнее разбиение.

Вызов окна диалога перегруппировки осуществляется из контекстного меню следующих элементов дерева Препроцессора:

1. **Регион** – перегруппировка всей геометрии;
2. **Подобласть** – перегруппировка внутри выбранной подобласти;
3. **Группа** – перегруппировка внутри выбранной группы;
4. **Граничное условие** – перегруппировка внутри выбранного граничного условия;
5. **Подвижное тело** – перегруппировка внутри выбранного подвижного тела.

На всех элементах, кроме Подвижного тела и Группы, есть возможность проводить перегруппировку, включая или не включая в нее подвижные тела.



Содержимое окна Перегруппировки геометрии:

- | | |
|---|--|
| Объекты перегруппировки | Объекты, подвергающиеся перегруппировке (справочная информация). |
| Угол отклонения (в градусах) | Величина угла отклонения |
| Не нарушать расстановку ГУ на треугольниках | Не объединять в одну группу треугольники, на которых установлены различные граничные условия. |
| Статистика до перегруппировки | Статистика по геометрии до перегруппировки |
| Объект | Объекты перегруппировки |
| Размер | Число треугольников в объекте |
| Число групп | Количество групп в объекте |
| Мин. размер | Минимальное число треугольников в группе в данном объекте |
| Макс. размер | Максимальное число треугольников в группе в данном объекте |
| Группа | Номер группы |
| Размер | Количество треугольников в данной группе |
| Статистика после перегруппировки | Статистика по геометрии после перегруппировки |
| Объект | См. выше |
| Размер | См. выше |
| Число групп | См. выше |
| Мин. размер | См. выше |
| Макс. размер | См. выше |
| Группа | См. выше |
| Размер | См. выше |
| Просмотр | Вычислить статистику после группировки с заданным углом отклонения |
| Применить | Выполнить перегруппировку с заданными параметрами (доступно после нажатия кнопки Просмотр) |
| Отмена | Закреть диалог без применения перегруппировки |

4.4.11.3 Трансформация геометрии

Трансформация геометрии - сдвиг, поворот, масштабирование геометрии.

Трансформация геометрии доступна для Региона и Подвижного тела. Трансформация геометрии вызывается в контекстном меню соответствующих элементов дерева. Трансформация Импортированного объекта и Подвижного тела осуществляется в локальной системе координат соответствующего элемента.

Диалоговое окно **Трансформации геометрии** содержит следующие параметры:

Центр	Координаты центра вращения и масштабирования геометрии в глобальной системе координат
X	
Y	
Z	
Масштабирование	Коэффициенты масштабирования геометрии относительно исходных размеров
X	
Y	
Z	
Вращение	Параметры поворота геометрии
Ось вращения	Направление оси вращения: 'X' - вращение вокруг оси X 'Y' - вращение вокруг оси Y 'Z' - вращение вокруг оси Z 'Заданная' - вращение вокруг произвольной оси
Заданная ось	Направление произвольной оси вращения
X	
Y	
Z	
Угол поворота	Угол поворота геометрии.
Сдвиг	Сдвиг геометрии в глобальной системе координат
X	
Y	
Z	

4.4.11.4 Замена геометрии

Замена геометрии - замена геометрии выбранного элемента на новую. Замена геометрии доступна для Региона, Импортированного объекта и Подвижного тела.

Для того, чтобы заменить геометрию, необходимо:

- В контекстном меню соответствующего элемента выбрать пункт **Заменить геометрию...**
- В появившемся диалоговом окне указать файл новой геометрии.

4.4.11.5 Экспорт геометрии

Экспорт геометрии - экспорт геометрии выбранного объекта в WRL или MESH формат. Экспорт геометрии доступен для Региона, Импортированного объекта и Подвижного тела.

Для того, чтобы экспортировать геометрию, необходимо:

- В контекстном меню соответствующего элемента выбрать пункт **Экспортировать геометрию...**
- В появившемся диалоговом окне указать имя и расширение файла геометрии.

4.4.12 Взаимодействие с Солвером и Солвер-Агентом

Взаимодействие с Солвер-Агентом в Пре-Постпроцессоре позволяет:

1. Запускать проект на расчет
2. Получать данные для отображения результатов расчета

Запуск на расчет состоит из следующих этапов:

- [Авторизация на Солвер-Агенте](#)

- [Запуск солвера](#)
- [Загрузка проекта на солвер](#)
- [Запуск на расчет](#)

Получение данных с солвера состоит из следующих этапов:

- [Авторизация на Солвер-Агенте](#)
- [Запуск солвера](#)
- [Загрузка проекта на солвер](#)

4.4.12.1 Выбор Солвера

Окно **Выбор Солвера** предназначено для:

1. Запуска солвера
2. Подключения к запущенному солверу
3. Выгрузки солвера

Окно **Выбор Солвера** вызывается посредством кнопки  в панели инструментов [Сеть](#)

Окно **Выбор солвера** содержит панель инструментов для управления солверами и список **Запущенных солверов**.

Запущенные солверы:

Колонка:	Описание:
Солвер	ID запущенных солверов
Проц x Ядра	Количество процессоров и количество ядер, на которых запущен солвер
Статус	Статусы запущенных солверов: 'Пуст' - на солвер не загружен проект 'Стоит' - на солвер загружен проект, расчет не производится, к солверу не подключен управляющий клиент (Пре-Постпроцессор) 'Считает' - на солвер загружен проект, производится расчет 'Занят' - на солвер загружен проект, к солверу подключен другой управляющий клиент (Пре-Постпроцессор) 'Подключен' - на солвер загружен проект, к солверу подключен данный Пре-Постпроцессор
Проект	Названия проектов, загруженных на солверы

Панель инструментов для управления солверами:

Поле/кнопка:	Описание:
Подключиться	Подключение к выбранному солверу
Многопроцессорный режим	Запустить солвер в многопроцессорном режиме
Число процессоров	Количество процессоров, на котором будет запущен солвер
Использовать все ядра	Запустить солвер на всех ядрах, доступных на каждом процессоре
Ядер на процессор	Запустить солвер на указанном числе ядер на каждом процессоре.
Поле выбора	Командная строка, используемая для запуска солвера (доступно для выбора, если в CFG-файле Солвер-Агента содержится больше одной командной строки для запуска солвера, в интерфейсе отображается параметр description из CFG-файла Солвер-Агента)
Запустить новый	Запустить новый солвер с параметрами, заданными выше
Завершить	Завершить выбранный солвер
Обновить список	Обновить информацию о солверах
Отмена	Закрыть окно Выбор солвера

Для того, чтобы запустить Солвер:

- Задайте необходимые параметры запускаемого солвера:

- включите многопроцессорный режим (если необходимо)
- задайте количество процессоров (если включен многопроцессорный режим)
- включите использование всех ядер или укажите их число
- выберите командную строку для запуска (если возможно)
- Нажмите кнопку **Запустить новый**

Для того, чтобы подключиться к запущенному солверу:

- Выберите солвер в списке **Запущенные солверы**
- Нажмите кнопку **Подключиться**



Если загружаемый на солвер проект уже существует в [серверном каталоге](#), то при подключении к солверу будет проведена [синхронизация](#) серверной и клиентской версий проекта.

Для того, чтобы выгрузить запущенный солвер:

- Выберите солвер в списке **Запущенные солверы**
- Нажмите кнопку **Завершить**

4.4.12.1.1 Диалоги синхронизации

При подключении к солверу проверяется существует ли серверная версия текущего проекта. Поиск серверной версии проекта осуществляется в [серверном каталоге](#) (у серверной и клиентской части одного и того же проекта должен совпадать параметр ProjID в файле .FVPROJ).

Если соответствующая серверная часть данного проекта не была обнаружена, то появляется диалоговое окно со следующими пунктами:

Загрузить проект на солвер
Разорвать соединение с солвером

Если соответствующая серверная часть данного проекта была обнаружена, то осуществляется проверка версий клиентской и серверной частей проекта:

Если все версии совпадают, то синхронизация не требуется.

Если отличаются версии проекта (параметр VersionID в файле .FVPROJ), то появляется диалоговое окно со следующими пунктами:

Закрыть текущий проект на клиенте и загрузить проект с солвера в новую директорию
Удалить текущий проект на клиенте и загрузить вместо него солверный проект
Удалить текущий проект на солвере и загрузить вместо него клиентский проект

Если отличаются версии параметров расчета (параметр CtrlID в файле .FVPROJ), то появляется диалоговое окно со следующими пунктами:

Загрузить параметры расчета с солвера на клиент
Загрузить параметры расчета с клиента на солвер

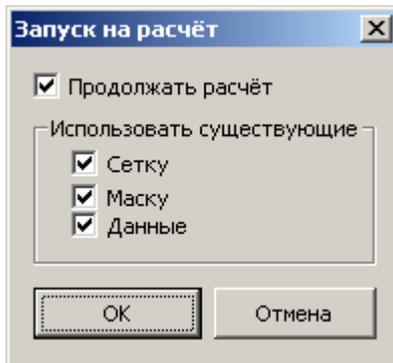
Если отличаются версии сцены (параметр SceneID в файле .FVPROJ), то диалоговое окно со следующими пунктами:

Загрузить сцену с солвера на клиент
Загрузить сцену с клиента на солвер

4.4.12.2 Запуск на расчет

Окно **Запуск на расчет** предназначено для запуска на расчет проекта, загруженного на солвер, с указанными параметрами.

Окно **Запуск на расчет** вызывается посредством кнопки  в панели инструментов [Солвер](#)



Окно **Запуск на расчет:**

Параметр:	Параметр активен	Параметр неактивен
Продолжать расчет	продолжение расчета со следующими параметрами:	начать расчет заново
Использовать существующие		
Сетку	без перестройки расчетной сетки	перестроить расчетную сетку
Маску	без перестройки маски расчетной сетки	перестроить маску расчетной сетки
Данные	использовать текущие расчетные данные	использовать начальные данные (определяемые начальными условиями)

В случае, когда запускается на расчет заново (параметр **Продолжать расчет** неактивен) проект, содержащий более одного шага [истории расчета](#), пользователю предлагается выбор:

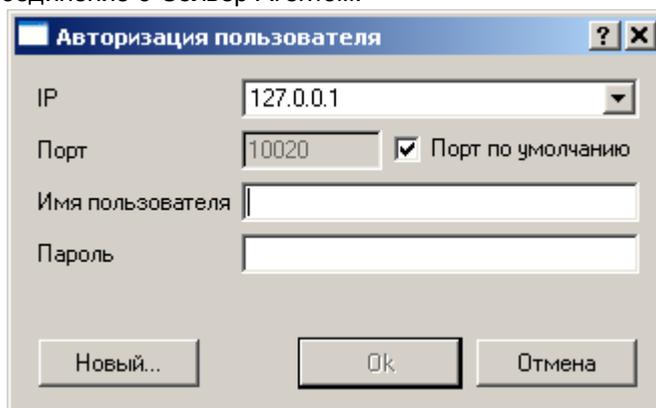
Использовать самые последние входные данные или **Использовать входные данные с первой записи**.

При этом будут удалены все записи кроме выбранной, а выбранная запись станет нулевой.

4.5 Терминал

Терминал - клиентское приложение. Терминал позволяет лицензировать и регистрировать пользователя, а также управлять расчетом заранее подготовленных проектов.

При запуске Терминала необходимо ввести свои данные для авторизации на Солвер Агента и при необходимости настроить соединение с Солвер Агентом:



Для получения имени и пароля обращайтесь к своему системному администратору.

После авторизации появится окно Терминала. Окно состоит из двух закладок:

1. [Проекты](#)
2. [Солверы](#)

В верхней части окна Терминала находятся командные меню:

1. [Пользователи](#)
2. [Проекты](#)
3. [Солверы](#)
4. [Лицензии](#)

4.5.1 Проекты

На закладке **Проекты** отображается информация о проектах, находящихся в [Серверной директории](#).

Информация отображается в следующих колонках:

ID проекта	ID проекта
Имя проекта	Имя проекта
Состояние	Состояние проекта: 'Исходное' - проект не загружен на Солвер 'Загружен' - проект загружен на Солвер, расчет не производился 'Считается' - производится расчет 'Сохранен' - проект загружен на Солвер, расчет производился, результаты расчета сохранены 'Не сохранен' - проект загружен на Солвер, расчет производился, результаты расчета не сохранены 'В очереди' - проект находится в очереди на расчет
Размер, Мб	Размер проекта (в Мегабайтах)
Дата изменения	Дата последнего изменения проекта
Полное имя	Имя файла с полным путем
ID солвера	ID Солвера, на который загружен проект (присутствует у проектов, загруженных на Солвер), в Солвер-Агенте
Плагин	Название Плагина, использовавшегося при создании проекта (присутствует у проектов, созданных с использованием Плагина)
История	Количество промежуточных сохранений данных
Коннектор	Наличие связи со сторонней программой (в данной версии, с Abaqus)
Набор колонок задается в меню Проекты → Настройка вида списка проектов	

4.5.2 Солверы

На закладке **Солверы** отображается информация о запущенных солверах.

Информация отображается в следующих колонках:

ID солвера	ID Солвера в Солвер-Агенте
Компьютер	IP компьютера, на котором запущен Солвер
Порт	Порт соединения Солвера с Пре-Постпроцессором
Число процессоров	Число процессоров и число ядер, на которых запущен Солвер
Состояние	Состояние Солвера: 'Свободен' - на Солвер не загружен проект 'Загружен' - на Солвер загружен проект, Солвер не считает 'Считает' - Солвер считает 'Автономный' - Солвер выполняет командный файл
Проект	Название проекта, загруженного на Солвер (присутствует, если на Солвер загружен проект)
ID процесса	ID Солвера в операционной системе
Версия	Версия Солвера

Набор колонок задается в меню **Солверы** → **Настройка вида списка солверов**

4.5.3 Командные меню

4.5.3.1 Меню Пользователи

Пункт меню:	Действие:
Авторизация	Авторизация на Солвер Агенте
Изменение данных пользователя	Изменение регистрационных данных пользователя (только для системных администраторов)
Удалить текущего пользователя	Удаление текущего пользователя на Солвер Агенте (только для системных администраторов)
Добавить нового пользователя	Создание нового пользователя на Солвер Агенте (только для системных администраторов)
Выход	Выход из программы Терминал

4.5.3.2 Меню Проекты

Пункт меню:	Действие:
Загрузить проект на солвер	Загрузить проект на солвер
Запустить проект на расчет	Запустить расчет (вызвать окно Запуск на расчет)
Остановить расчет	Остановить расчет
Сохранить результаты расчета на солвере	Сохранить результаты в серверном каталоге пользователя
Выгрузить проект с солвера	Выгрузить проект с солвера
Остановить, сохранить и выгрузить	Остановить расчет проекта, сохранить результаты расчета и выгрузить проект с солвера.
Создать новый проект, используя плагин	Создать новый проект на основе шаблона плагина
Изменить параметры проекта	Изменить параметры проекта, созданного с использованием плагина
Обновить состояние проекта	Обновить информацию о статусах проектов
Удалить проект	Удалить проект из серверной директории
Скачать проект	Копировать выбранные части проекта : Клиентская часть GLO файлы LOG файлы Файлы визуализации Файлы данных
Поместить в очередь	Поместить проект в очередь на расчет (вызвать окно Добавление проекта в очередь)
Удалить из очереди	Удалить проект из очереди на расчет
Очистить очередь	Удалить все проекты из очереди на расчет
Просмотр очереди	Просмотреть очередь на расчет (вызвать окно Очередь проектов)

Пункт меню:	Действие:
Настройка вида списка проектов	Задать набор колонок на закладке Проекты
Обновить список проектов	Обновить список проектов из серверного каталога пользователя

Меню **Проекты** может быть вызвано из списка меню и в виде контекстного меню на закладке **Проекты**

4.5.3.3 Меню Солверы

Пункт меню:	Действие:
Запуск нового солвера	Запустить новый солвер (вызвать окно Запуск солвера)
Выгрузка солвера	Удалить выбранный солвер
Подключить модуль просмотра результатов	Запустить Модуль просмотра результатов и подключить его к выбранному солверу (для того, чтобы команда была доступна, солвер должен быть запущен и на него должен быть загружен проект)
Настройка вида списка солверов	Задать набор колонок на закладке Солверы
Обновить список солверов	Обновить информацию об активных солверах

Меню **Солверы** может быть вызвано из списка меню и в виде контекстного меню на закладке **Солверы**

4.5.3.4 Меню Лицензии

Пункт меню:	Действие:
Получение регистрационной информации	получение регистрационной информации
Регистрация новой лицензии	регистрация новой лицензии
Информация о лицензиях	получение информации о лицензиях
Получение статистики использования лицензии	для разработчиков

4.5.4 Взаимодействие с Солвером и Солвер-Агентом

В Терминале управлять проектами можно двумя способами:

1. [Вручную](#)
2. [Через очередь](#)

4.5.4.1 Ручное управление солверами

Для того, чтобы запустить проект на расчет, необходимо:

- [Запустить солвер](#)
- Загрузить проект на солвер
 - На закладке **Проекты** выделить проект
 - Выбрать в меню **Проекты** → **Загрузить проект на солвер**
- [Запустить солвер на расчет](#)

Для того, чтобы остановить проект, запущенный вручную, необходимо:

- На закладке **Проекты** выделить проект
- Выбрать в меню **Проекты** → **Остановить расчет**

4.5.4.1.1 Окно Запуск солвера

Окно **Запуск солвера** предназначено для запуска солвера с заданными параметрами. Окно **Запуск солвера** вызывается из меню **Солверы** → **Запуск нового солвера**

Окно **Запуск солвера** содержит следующие элементы:

Запустить солвер в однопроцессорном режиме	Запустить солвер на одном процессоре
Запустить солвер в многопроцессорном режиме	Запустить солвер на нескольких процессорах
Число процессоров	Число процессоров, на которых необходимо запустить солвер (доступно только при запуске солвера в многопроцессорном режиме)
Солвер для запуска	Командная строка, используемая для запуска солвера (доступно для выбора, если в CFG-файле Солвер-Агента содержится больше

	одной командной строки для запуска солвера, в интерфейсе отображается параметр description из CFG-файла Солвер-Агента)
Использование процессорных ядер	
Использовать все ядра каждого процессора	Запустить солвер на всех ядрах каждого используемого процессора
Использовать n ядер каждого процессора	Запустить солвер на n ядрах каждого используемого процессора

4.5.4.1.2 Окно Запуск на расчет

Окно **Запуск на расчет** предназначено для запуска на расчет проекта, загруженного на солвер, с указанными параметрами.

Окно **Запуск на расчет** вызывается посредством меню [Проекты](#) → **Запустить проект на расчет**

Окно **Запуск на расчет**:

Параметр:	Параметр активен	Параметр неактивен
Продолжать расчет	продолжение расчета со следующими параметрами:	начать расчет заново
Использовать существующие		
Сетку	без перестройки расчетной сетки	перестроить расчетную сетку
Маску	без перестройки маски расчетной сетки	перестроить маску расчетной сетки
Данные	использовать текущие расчетные данные	использовать начальные данные (определяемые начальными условиями)
Отключить коннектор	запустить на расчет без связи со сторонним пакетом (только для сопряженных задач)	запустить на расчет на связи со сторонним пакетом (только для сопряженных задач)

4.5.4.2 Очередь

Очередь - набор проектов, автоматически запускаемых на расчет.

Порядок запуска проектов определяется временем помещения проекта в очередь и количеством свободных процессоров и ядер. Одновременно могут быть запущены на расчет несколько проектов. При этом, число одновременно занятых процессоров не может превышать параметр **MaxProcNum** в [CFG файле Солвер-Агента](#).

Для того, чтобы добавить проект в очередь, необходимо:

- На закладке [Проекты](#) выделить проект
- Выбрать в меню [Проекты](#) → **Добавить проект в очередь**
- В появившемся окне [Добавление проекта в очередь](#) задать необходимые параметры

Управление проектом после запуска солвера осуществляется посредством [Командного файла](#).

Для того, чтобы удалить проект из очереди, необходимо:

- На закладке [Проекты](#) выделить проект
- Выбрать в меню [Проекты](#) → **Удалить проект и очереди**

Для того, чтобы посмотреть Очередь, необходимо выбрать в меню [Проекты](#) → **Просмотреть очередь**.

Для того, чтобы очистить Очередь, необходимо выбрать в меню [Проекты](#) → **Очистить очередь**

4.5.4.2.1 Окно Добавление проекта в очередь

Окно **Добавление проекта в очередь** предназначено добавление проекта в очередь на расчет на солвере с указанными параметрами и заданными командным файлом. Окно **Добавление проекта в очередь** вызывается в меню [Проекты](#) → **Поместить в очередь**

Окно **Добавление проекта в очередь**

Запустить солвер в однопроцессорном режиме См. [Запуск солвера](#)

Запустить солвер в многопроцессорном режиме См. [Запуск солвера](#)

Число процессоров См. [Запуск солвера](#)

Солвер для запуска См. [Запуск солвера](#)

Использование процессорных ядер
Использовать все ядра каждого См. [Запуск солвера](#)

процессора	
Использовать n ядер каждого процессора	См. Запуск солвера
Командный файл	
Поле выбора	Задать Командный файл для запуска
По умолчанию	Использовать командный файл по умолчанию (файл command.txt, расположенный в директории проекта)

4.5.4.2.2 Окно *Очередь проектов*

Окно **Очередь проектов** предназначено для просмотра списка проектов, находящихся в очереди на расчет. Окно **Очередь проектов** вызывается в меню [Проекты](#)→**Просмотреть очередь**

Окно **Очередь проектов**:

Дата & время	Дата и время постановки проекта в очередь
Пользователь	Пользователь, поместивший проект в очередь
Имя проекта	Имя проекта, помещенного в очередь
Число процессоров	Число процессоров и число ядер, на которых будет запущен проект
Солвер	Название командной строки, с помощью которой солвер будет запущен на расчет

4.5.5 Плагины

Плагин – это динамически подключаемая библиотека, которая расширяет функциональные возможности Терминала. Каждый плагин предназначен для решения определенного класса задач, он позволяет задавать определенный набор параметров и создавать проекты на основе шаблонов.

Чтобы создать проект с использованием плагина:

1. Установите плагин в каталог Терминала.
2. Запустите Терминал
3. Запустите новый солвер (команда меню **Солверы**→**Запуск нового солвера** или команда контекстного меню на закладке Солверы **Запуск нового солвера**).
4. Создайте новый проект используя команду меню **Проекты**→**Создать новый проект, используя плагин** или команду контекстного меню на закладке Проекты **Создать новый проект, используя плагин**.
5. Заполните поля:
 - Введите имя проекта,
 - Выберите используемый плагин из списка,
 - Выберите солвер из списка (можно выбрать любой свободный солвер) и нажмите кнопку "Ок".
 - Нажмите "Да" в окне, предлагающем обновить список проектов. В списке проектов Терминала появится новый проект с ранее заданным именем. В колонке Плагин будет указано имя используемого плагина.
 - 6. Выберите в списке созданный проект и загрузите его на солвер:
 - Вызовите меню загрузки проекта на солвер (команда меню **Проекты**→**Загрузить проект на солвер** или команда контекстного меню **Загрузить проект на солвер** на закладке Проекты).
 - Выберите в списке свободный солвер в диалоговом окне со списком солверов и нажмите кнопку "Ок".
 - Нажмите "Да" в окне, предлагающем обновить статус проекта в окне Терминала.
 - 7. Выберите проект в списке проектов и измените его параметры:
 - Вызовите плагин для изменения параметров проекта (команда меню **Проекты**→**Изменить параметры проекта** или команда контекстного меню **Изменить параметры проекта** на закладке Проекты).
 - Задайте параметры задачи вручную или загрузите их из файла с расширением .pcs, содержащего значения по умолчанию. Нажмите кнопку "Ок".
 - Нажмите "Да" в окне, предлагающем обновить статус проекта в окне Терминала.

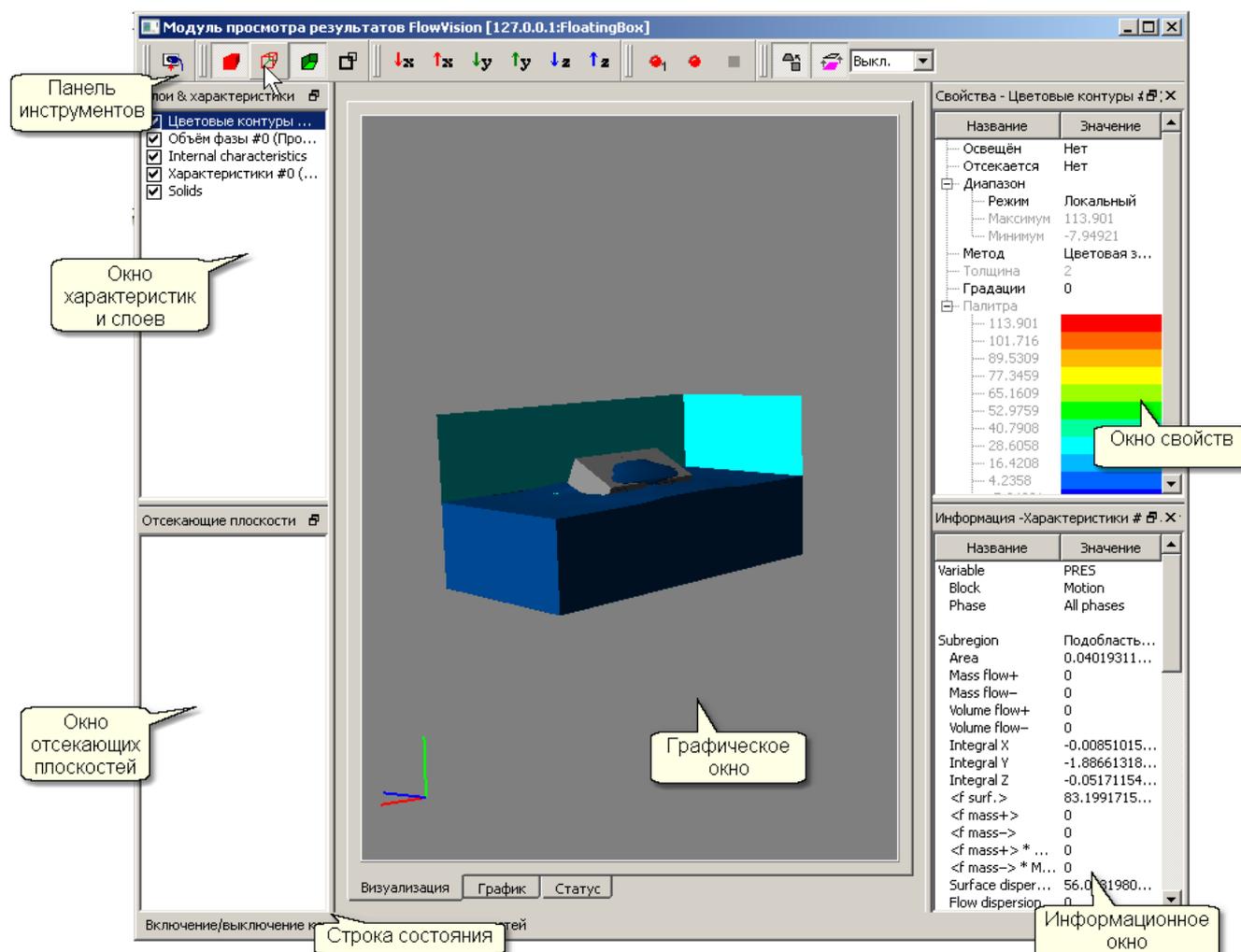
4.6 Модуль просмотра результатов

Модуль Просмотра Результатов предназначен для визуализации результатов посредством ранее заданных в проекте слоев.

Основные возможности Модуля Просмотра Результатов:

1. Подключение к работающему солверу в любой момент времени и просмотр текущих результатов решения.
2. Визуализация текущих результатов посредством слоев и условий останова, предварительно заданных в проекте.
3. Запись текущего изображения в файл.

4.6.1 Интерфейс модуля просмотра результатов



Модуль просмотра результатов содержит следующие компоненты:

1. [Панель инструментов](#)
2. [Строка состояния](#)
3. [Графическое окно](#)
4. [Окно элементов](#)
5. [Окно клиппирующих плоскостей](#)
6. [Окно свойств](#)
7. [Информационное окно](#)

4.6.1.1 Панели инструментов

В Модуле просмотра результатов присутствуют следующие панели инструментов:

1. [Соединение](#)
2. [Тела](#)
3. [Вид](#)
4. [Захват](#)

5. [Рендеринг](#)

4.6.1.1.1 Соединение

	Подключиться	Подключение к солверу и получение результатов расчета проекта, загруженного или рассчитываемого на данном солвере
---	--------------	---

4.6.1.1.2 Тела

	Закраска	Отобразить грани треугольников геометрии.
	Каркас	Отобразить ребра треугольников геометрии
	Односторонне-прозрачный	Скрыть внешнюю сторону геометрии
	Границы групп	Отобразить границы групп геометрии

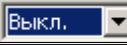
4.6.1.1.3 Вид

	Навстречу X	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – навстречу оси X.
	Вдоль X	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – вдоль оси X.
	Навстречу Y	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – навстречу оси Y.
	Вдоль Y	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – вдоль оси Y.
	Навстречу Z	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – навстречу оси Z.
	Вдоль Z	Позволяет построить 3D сцену в стандартном виде – вдоль оси Z.

4.6.1.1.4 Захват

	Захват одного изображения	Сохранить изображение из графического окна в файл
	Начать захват изображений	Начать последовательное сохранение изображений из графического окна в файлы
	Остановить захват изображений	Прекратить последовательное сохранение изображений из графического окна в файлы.

4.6.1.1.5 Рендеринг

	Переключение перспективы	Включить/Выключить перспективу
	Переключение смещения слоев	Включить/Выключить смещение слоев
	Переключение сглаживания	Задать степень сглаживания пикселей

4.6.1.2 Строка состояния

Строка состояния отображает краткое описание выделенного инструмента.

4.6.1.3 Графическое окно

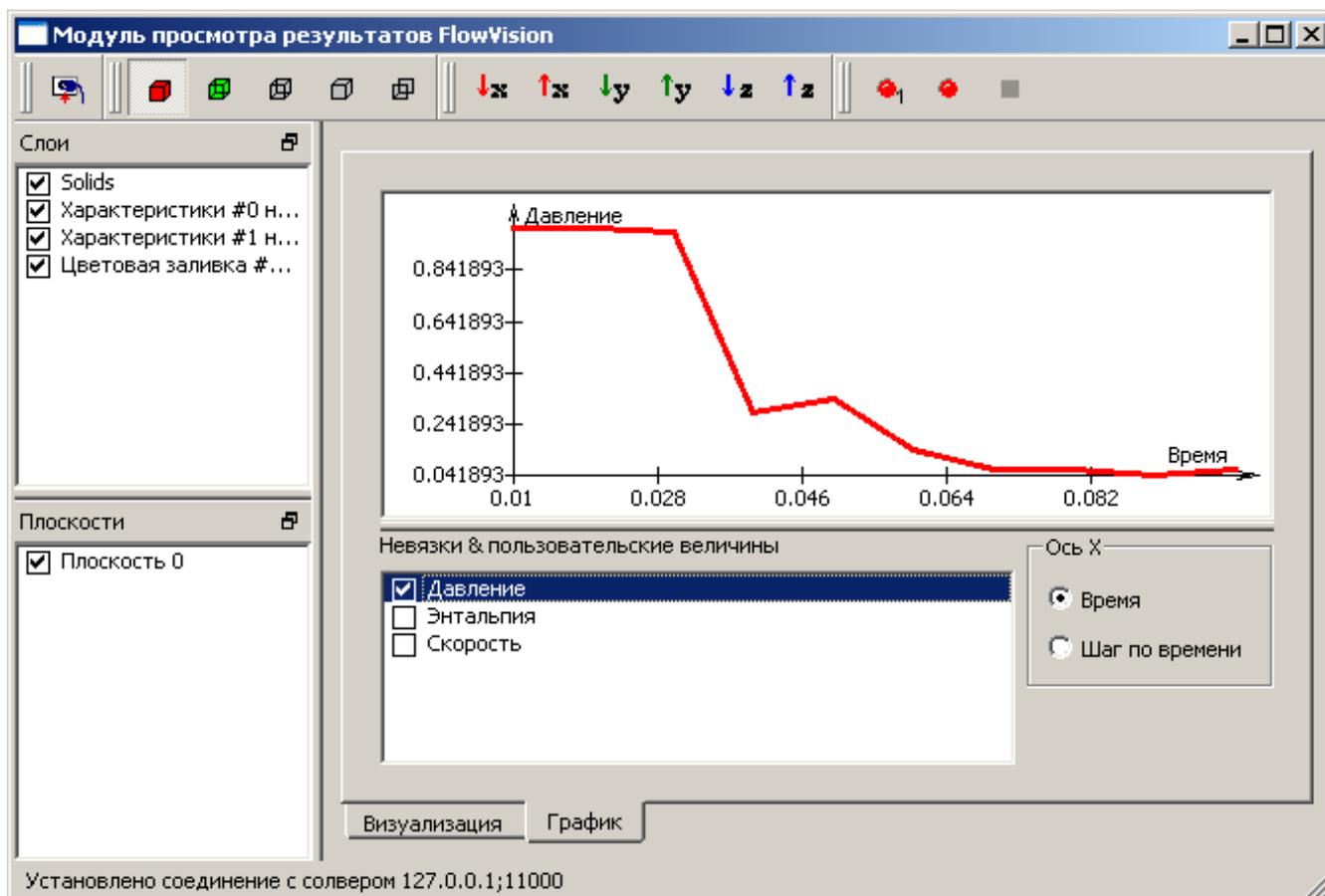
Графическое содержит следующие закладки:

1. [Визуализация](#)
2. [График](#)
3. [Статус](#)

4.6.1.3.1 Визуализация

Закладка Визуализация предназначена для отображения данных со слоев. На закладке Визуализация можно вращать, перемещать, увеличивать вид сцены так же, как и в ПреПостпроцессоре в [режиме настройки угла зрения](#).

4.6.1.3.2 График



Закладка График предназначена для отображения графика функциональных невязок тех переменных, для которых определены условия останова. Условия останова задаются в [ПреПостпроцессоре](#). Закладка График содержит отображение графика, список доступных невязок и группу полей ось X. Отображение графика аналогично графику невязок в [ПреПостпроцессоре](#). Масштабирование осей графика осуществляется автоматически, в зависимости от максимальных величин переменных, выбранных на оси абсцисс и ординат. Можно отображать график только одной из определенных невязок. Выбор отображаемой невязки осуществляется в списке невязок посредством окна флага. Выбор переменной на оси X осуществляется в группе полей ось X (можно выбрать Время или Шаг по времени).

4.6.1.3.3 Статус

Закладка **Статус** аналогична закладке [Статус](#) в ПреПостпроцессоре

4.6.1.4 Окно Слоев и Характеристик

Окно Слоев и Характеристик содержит список [Слоев](#) и [Характеристик](#), созданных в данном проекте

4.6.1.5 Окно отсекающих плоскостей

Окно отсекающих плоскостей содержит список [Отсекающих плоскостей](#), содержащихся в данном проекте.

4.6.1.6 Окно свойств

Окно свойств позволяет редактировать параметры элементов и плоскостей.

4.6.1.7 Информационное окно

Информационное окно отображает данные, полученные с элементов.

4.6.2 Слои

Слои создаются в [ПреПостпроцессоре](#) при подготовке проекта.

В модуле просмотра результатов отображаются следующие слои проекта:

1. [Тела](#)
2. [Вектора](#) (если на слое выбрана переменная)
3. [Цветовые контуры](#) (если на слое выбрана переменная)
4. [Объем фазы](#)

При выделении слоя в списке отображается Окно свойств слоя. Окна свойств слоев в Модуле просмотра результатов содержат усеченный набор компонентов окон свойств данных слоев в Постпроцессоре.

В списке слоев перед каждым слоем находится окно флажка. Если установлен флажок, то слой отображается в Графическом окне.

4.6.3 Характеристики

Характеристики создаются и определяются в [ПреПостпроцессоре](#) при подготовке проекта.

При двойном нажатии на Характеристики появляется Информационное окно, содержащее информацию с Характеристики. Содержимое информационного окна аналогично содержимому информационного окна в [ПреПостпроцессоре](#).

4.6.4 Отсекающие плоскости

Плоскости создаются в [ПреПостпроцессоре](#).

В Модуле просмотра результатов отображаются только плоскости, которые в ПреПостпроцессоре определены как отсекающие объекты.

При выделении плоскости в Окне плоскостей отображается окно свойств плоскости. Окна свойств плоскостей в Модуле просмотра результатов содержат усеченный набор компонентов окон свойств плоскостей в Постпроцессоре.

В списке плоскостей перед каждой плоскостью находится окно флажка. Если установлен флажок, то плоскость является отсекающим объектом в Графическом окне Модуля просмотра результатов.

4.6.5 Получение данных с солвера

Получение данных с солвера состоит из следующих этапов:

- [Авторизация на Солвер-Агенте](#)
- [Подключение к солверу](#)

4.6.5.1 Список солверов

Окно **Список солверов** предназначено для подключения к запущенным солверам, на которые загружены проекты.

Окно **Список солверов** вызывается посредством кнопки  в панели инструментов [Соединение](#)

В окне **Список солверов** отображается информация о запущенных солверах, на которые загружены проекты.

Информация отображается в следующих колонках:

ID солвера	См. Солверы в Терминале
Компьютер	См. Солверы в Терминале
Порт	См. Солверы в Терминале
Число процессоров	См. Солверы в Терминале
Состояние	См. Солверы в Терминале (кроме состояния 'Свободен')
Проект	См. Солверы в Терминале

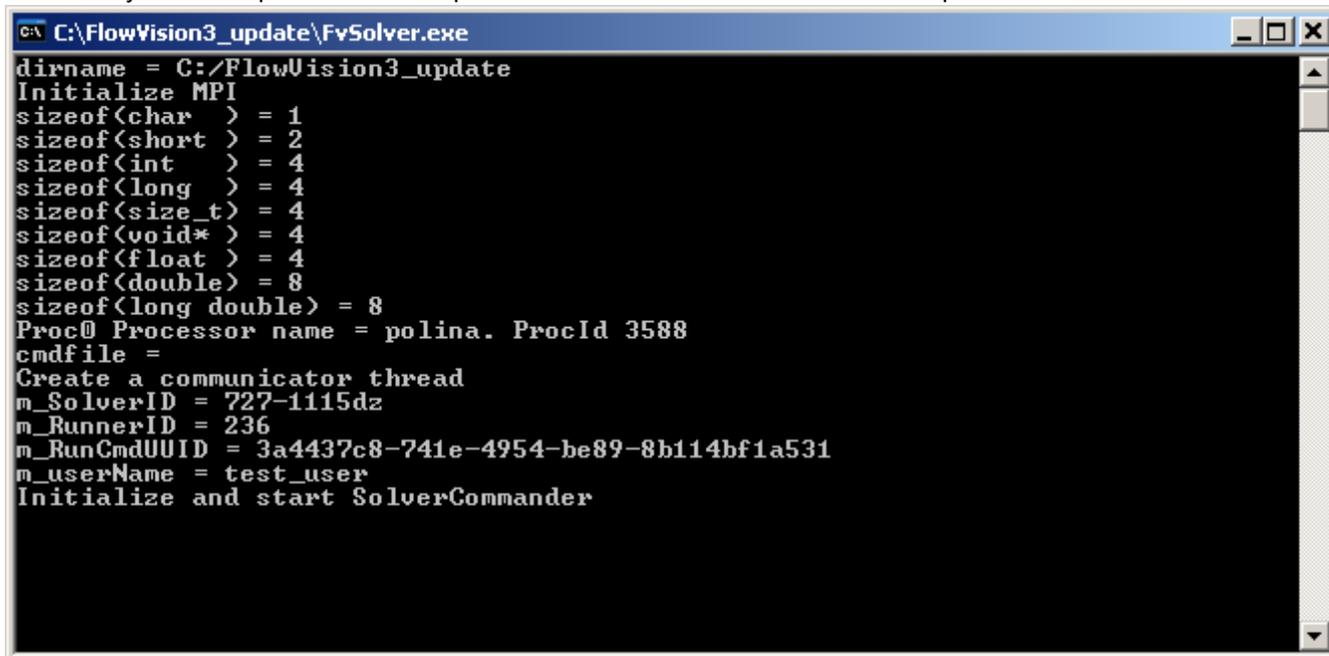
4.7 Солвер и Солвер-Агент

Солвер предназначен для проведения расчета и передачи результатов расчета клиентским приложениям.

Солвер может быть запущен через:

1. [Солвер-Агент](#)
2. [В пакетном режиме \(через командную строку\)](#) .

После запуска солвера обычно на экране появляется консольное окно солвера:



```
C:\FlowVision3_update\FvSolver.exe
dirname = C:/FlowVision3_update
Initialize MPI
sizeof(char) = 1
sizeof(short) = 2
sizeof(int) = 4
sizeof(long) = 4
sizeof(size_t) = 4
sizeof(void*) = 4
sizeof(float) = 4
sizeof(double) = 8
sizeof(long double) = 8
Proc0 Processor name = polina. ProcId 3588
cmdfile =
Create a communicator thread
m_SolverID = 727-1115dz
m_RunnerID = 236
m_RunCmdUUID = 3a4437c8-741e-4954-be89-8b114bf1a531
m_userName = test_user
Initialize and start SolverCommander
```

В консольное окно выводятся сообщения о работе солвера, в том числе [сообщения об ошибках](#).

Консольное окно появляется на том компьютере, на котором запускается солвер (при работе в операционной системе Linux консольное окно солвера зависит от способа запуска Солвер Агента). В настройках Солвер Агента можно перенаправить вывод сообщений не в консольное окно, а в файл.

Закрытие консольного окна приводит к завершению работы солвера.

4.7.1 Солвер-Агент

Солвер-Агент предназначен для обеспечения связи клиентских приложений и Солвера.

Подготовленные проекты могут быть запущены на расчет:

1. [из Пре-Постпроцессора](#)
2. [из Терминала](#)
3. [из МРМенеджера](#) (только связанные задачи)

Визуализация полученных данных может быть проведена:

1. [из Пре-Постпроцессора](#)
2. [из Модуля просмотра результатов](#)

Для этого:

1. Солвер-Агент должен быть настроен и запущен.
2. На Солвер-Агенте должен был зарегистрирован хотя бы один пользователь.

В дальнейшем от пользователя не требуется дополнительной настройки Солвер Агента или повторного его запуска, пользователь должен только осуществить подключение к нему (используя свой логин и пароль).

4.7.2 Запуск из командной строки (Пакетный режим)

Для запуска солвера в Пакетном режиме, так же, как и при запуске через Солвер-Агент, используется [Командная строка](#), Однако, при запуске в пакетном режиме в командную строку необходимо добавить еще ряд необходимых параметров, а также задать [Командный файл](#)

Структура командной строки при запуске Солвера в Пакетном режиме:

RUNMPI MASHINEFILE PWDFILE RUNSOLVER THREADS SAID SAUSER SALICENSE CMDFILE

Параметры командной строки:

Параметр	Значение	Синтаксис
RUNMPI	См. Командная строка при запуске через Солвер-Агент	См. Командная строка при запуске через Солвер-Агент
MACHINEFILE	См. Командная строка при запуске через Солвер-Агент	См. Командная строка при запуске через Солвер-Агент
PWDFILE	См. Командная строка при запуске через Солвер-Агент	См. Командная строка при запуске через Солвер-Агент
RUNSOLVER	См. Командная строка при запуске через Солвер-Агент	См. Командная строка при запуске через Солвер-Агент
THREADS	Команда для запуска солвера в многонитевом режиме	threads = n - запустить на n нитях threads = all - запустить на всех нитях threads = numa - запустить на всех ядрах одного процессора ²⁾
SAID	Идентификатор запускаемого солвера ¹⁾	sa_ID = 111-111111
SAUSER	Имя пользователя на Солвер-Агенте, под которым запускается солвер	sa_user = username
SALICENSE	Лицензионное имя	sa_license = licensename
CMDFILE	Имя Командного файла с указанием пути	cmdfile = path/cmdfilename.txt

Образец командной строки:

```
"C:\Program Files\MPICH2\bin\mpiexec" -n 2 -machinefile hosts.txt -pwdfile pwd.txt ../FvSolver.exe threads=2 sa_ID = 111-111111 sa_user = username sa_license = licensename cmdfile = cmdfile.txt
```

Примечания:

¹⁾ При запуске солвера из любого клиента идентификатор солверу присваивается автоматически (см. Примечания в разделе [Файл Солвера](#)). При запуске из командной строки рекомендуется указать идентификатор вручную для того, чтобы отличать солверы друг от друга.

²⁾ Для случая NUMA

4.7.2.1 Командный файл

Командный файл - файл, содержащий набор команд, предназначенных управления запущенным солвером.

Содержимое командного файла:

Команды	Действие
SS_PROJECTLOAD <путь в файлу проекта на солвере> <ProjectID><VersionID><> ProjectID – уникальный идентификатор проекта (можно не указывать) VersionID – уникальный идентификатор версии (можно не указывать)	Загрузить указанный проект на солвер
SS_SOLVESTART <флаги рестарта> 0 – начать расчет с нуля 7 – продолжить расчет	Запустить солвер на расчет
SS_DO_NOT_DISTURB	Не обрабатывать другие запросы, пока программа не досчитала до конца (имеет смысл только после команды SS_SOLVESTART)
SS_SOLVESTOP	Остановить счет солвера
SS_PRJDATASAVE	Сохранить результаты расчета проекта
SS_PROJECTUNLOAD	Выгрузить проект с солвера
SS_SHUTDOWN_SOLVER	Выгрузить солвер

Образец командного файла:

```
SS_PROJECTLOAD</home/user/fvproj1/proj1.fvproj><><><><>
SS_SOLVESTART<0>
SS_DO_NOT_DISTURB
SS_PRJDATASAVE
SS_PROJECTUNLOAD
SS_PROJECTLOAD</home/user/fvproj2/proj2.fvproj><><><><>
```

SS_SOLVSTART<7>
 SS_DO_NOT_DISTURB
 SS_PRJDATASAVE
 SS_SHUTDOWN_SOLVER

4.7.3 Сообщения об ошибках солвера

Сообщения об ошибках в работе солвера выводятся в [консольное окно солвера](#) и в [файл ошибок \(err\)](#).

Документированные предупреждения и ошибки нумеруются в шестнадцатеричном виде.

Недокументированные предупреждения и ошибки не имеют номера, однако текст сообщений позволяет определить причину неполадок.

В некоторых предупреждениях и ошибках может быть сообщение о номере расчетной ячейке, в которой произошел сбой алгоритма.

Документированные предупреждения и ошибки:

Предупреждения

Номер сообщения	Текст сообщения	Смысл сообщения
40090000	Couldn't concentrate VOF	Не удалось откорректировать объем фазы таким образом, чтобы была консервативность.
40090001	Near fluid cell is gas cell	При реконструкции свободной поверхности возникла ошибка, при которой рядом с жидкостной поверхностью оказалась газовая ячейка.
40090002	Undefined cell, making it as Gas cell	При реконструкции свободной поверхности возникла ошибка, при которой тип ячейки не определен, эта ячейка становится газовой газовой ячейка.
40090003	Fluid cell, no sides	При реконструкции свободной поверхности возникла ошибка, при которой у жидкостной или поверхностной ячейки не оказалось границ. Эта ячейка будет определена как газовая.

Ошибки

Номер сообщения	Текст сообщения	Смысл сообщения
80090000	Couldn't build free surface	Скорее всего ошибка произошла при генерации расчетной сетки, свободная поверхность не может быть построена
80090001	No reconstruction for this cell	Скорее всего произошла ошибка при определении типа ячейки (жидкостная, газовая, поверхность), не может быть построена свободная поверхность в данной ячейке
80090002	Error in matrix solver:	Ошибка в алгебраическом решателе, конкретная ошибка будет определена в этой же строке после этого заголовка.

4.8 Редактор базы данных веществ

База данных веществ - база, содержащая информацию о стандартных веществах, их фазах, свойствах. База данных веществ может быть стандартной и пользовательской.

Стандартная база данных веществ	Пользовательская база данных веществ
поставляется вместе с FlowVision HPC	создается пользователем прямым копированием или посредством Редактора базы данных веществ
всегда расположена рядом с Пре-Постпроцессором	расположена в любом месте, доступном для Пре-Постпроцессора
недоступна для редактирования	доступна для редактирования

Редактор базы данных веществ - отдельный модуль, необходимый для редактирования пользовательской базы данных веществ. Редактор базы данных веществ позволяет создавать и удалять вещества, редактировать параметры веществ.

4.8.1 Меню

Меню редактора базы данных веществ содержит следующие команды:

Команда	Описание
Открыть БД	Открытие базы данных веществ
Создать БД	Создание пустой пользовательской базы данных веществ
Просмотр лога	Просмотр лог-файла редактора базы данных веществ
Проверить структуру	Вызов проверки структуры базы данных веществ
Проверить значения	Вызов проверки значений свойств веществ

4.8.2 Редактирование вещества

Вещество в базе данных имеет следующий вид:

Вещество

Фазы

Название фазы

Название свойства фазы

Фазовые переходы

Название фазового перехода

Название общего свойства

Контекстное меню Вещества содержит следующие команды:

Команда	Описание
Создать вещество	Создание нового вещества
Добавить фазу	Создание новой фазы
Добавить фазовый переход	Создание нового фазового перехода
Добавить свойство	Создание нового свойства
Изменить	Вызов окна редактирования параметров вещества
Удалить	Удаление вещества

Окно **Параметры вещества** содержит следующие элементы:

Название	Название вещества
Комментарий	Краткое описание вещества
Тип вещества	
Чистое	Вещество, состоящее из одной компоненты
Простое составное	Вещество, состоящее из нескольких компонентов. Фазовые переходы - как для одного (доминирующего) компонента
Бинарная смесь	Вещество, состоящее из двух компонентов. Фазовые переходы определяются фазовыми диаграммами.
Продукты сгорания	Вещество, состоящее из нескольких компонентов. Содержит дополнительную информацию о соответствующих веществах 'Горючее' и 'Окислитель' (для упрощенной модели горения).
Состав	Набор компонентов, составляющих данное вещество, и их молярные

доли. Задается для типов: простое составное, бинарная смесь, продукты сгорания

Примечание:

Сумма молярных долей должна быть равна 1.

4.8.3 Редактирование фазы

Фаза - каждая фаза соответствует определенному агрегатному состоянию вещества.

Контекстное меню Фазы содержит следующие команды:

Команда	Описание
Добавить свойство	Создание нового свойства (вызов окна Добавление свойства)
Изменить	Вызов окна редактирования Параметров фазы
Удалить	Удаление фазы

Окно **Параметры фазы** содержит следующие элементы:

Название

Агрегатное состояние

Твердое

Жидкое

Газообразное

Окно **Добавление свойства** содержит следующие элементы:

Свойство

Выбор свойства из выпадающего списка

Тип данных

Константа

Таблица от T

Таблица от P

Таблица от P и T

Таблица от P и X

в текущей версии не реализовано

Тип значений

Скаляр

Вектор

Примечания:

1. Набор доступных для выбора свойств зависит от агрегатного состояния
2. Если какое-либо свойство вещества не задано в базе данных, то при загрузке данного вещества в ПреПостПроцессор оно будет иметь тип Константа со значением по умолчанию.

4.8.4 Редактирование свойства

Контекстное меню Свойства содержит следующие команды:

Команда	Описание
Изменить	Вызов окна редактирования Значения свойства
Удалить	Удаление фазы

Окно **Значения свойства** содержит следующие параметры:

Тип данных

скаляр или вектор

Вид представления данных

Свойство задается в зависимости от типа данных (вида представления данных):

Вид представления данных	Форма представления данных
Константа	задается одно число: x
Таблица от T	задается таблица пар чисел: T ₁ x ₁ T ₂ x ₂ ...
Таблица от P	задается таблица пара чисел

	$P_1 x_1$ $P_2 x_2$...
Таблица от P и T	задается таблица: $P=P_1$ $T_{11} x_{11}$ $T_{12} x_{12}$... $P=P_2$ $T_{21} x_{21}$ $T_{22} x_{22}$...

Существует возможность загрузки свойства из файла в формате .txt или .dat посредством кнопки **Загрузить**. Содержимое файла должно соответствовать форме представления данных. В качестве разделителей в файле следует использовать пробел.

Примечание:

Свойство может быть как общим для всего вещества, так и принадлежащим только одной фазе. Если в веществе одно и то же свойство задано и в общем списке и в выделенной фазе, то значения свойства в фазе имеют больший приоритет.

4.9 МР Менеджер

МР Менеджер - модуль, предназначенный для настройки и запуска на расчет сопряженных задач. Сопряженная задача - это задача, решаемая с одновременным использованием двух или более программ. Текущая реализация МР Менеджера позволяет выполнять сопряженные расчёты программными пакетами **Abaqus** и **FlowVision**.

Примечание:

Abaqus можно использовать начиная с версии 6.8.

4.9.1 Подготовка к запуску на расчет

Подготовка сопряжённой задачи к запуску на расчет включает в себя следующие этапы:

- Выбор режима работы
- Выбор проекта **FlowVision**
- Настройка общих параметров
- Выбор проекта **Abaqus**

Запустите Launch MrManager.exe. Вы видите окно **MP Manager direct** с двумя панелями: **Выберите режим работы** и **Солвер-агент**

4.9.1.1 Выбор режима работы

Выберите режим работы:

Режим online (на связи с солвер-агентом)

МР Менеджер подключается к проекту через Солвер-Агент.

Режим offline (без связи с солвер-агентом)

МР Менеджер подключается к проекту напрямую.

Солвер-агент:

IP

IP - адрес (или имя) машины, на которой запускается Солвер-агент

Порт

Порт для соединения с Солвер Агентом

Выберете режим работы и нажмите **Дальше**.

4.9.1.2 Выбор проекта FlowVision

Online-режим:

Использовать существующий проект FlowVision Отметив эту кнопку, выберете из списка существующий проект **FlowVision**.

Создать новый проект с помощью плагина Отметьте эту кнопку, если Вы хотите создать новый проект **FlowVision** с использованием плагина.

Имя проекта Имя проекта, создаваемого с помощью плагина

Плагин Выбор плагина

Offline-режим:

Использовать существующий проект FlowVision Отметив эту кнопку, укажите в диалоговом окне путь к проекту от данного компьютера.

Создать новый проект с помощью плагина Отметьте эту кнопку, если Вы хотите создать новый проект **FlowVision** с использованием плагина.

Директория проектов Директория, где будет находиться созданный с помощью плагина проект.

Имя проекта Имя проекта, создаваемого с помощью плагина

Плагин Выбор плагина

Выберете существующий или создайте новый проект **FlowVision** и нажмите **Дальше**.

4.9.1.3 Настройка общих параметров

Шаг обмена

Абсолютный шаг обмена, с

Шаг обмена в секундах

Шаг FlowVision X

Шаг обмена, выраженный в шагах **FlowVision**

Коэффициенты пересчета

Нагрузка

Коэффициент, на который умножается нагрузка при передаче из

Температура	FlowVision в Abaqus Коэффициент, на который умножается тепловой поток при передаче из FlowVision в Abaqus
Параметры релаксации по нагрузке	Дополнительный коэффициент, на который умножается передаваемая в Abaqus нагрузка в зависимости от шага обмена: $R_n = \begin{cases} R_{1,n} < N_1 \\ R_1 + \frac{n - N_1}{N_2} (R_2 - R_1), N_1 \leq n \leq N_2 \\ R_{2,n} > N_2 \end{cases}$ <p>n - номер шага обмена</p>
R1	R_1
R2	R_2
N1	N_1
N2	N_2

Параметры релаксации по температуре	Дополнительный коэффициент, на который умножается передаваемый в Abaqus тепловой поток в зависимости от шага обмена: $R_n = \begin{cases} R_{1,n} < N_1 \\ R_1 + \frac{n - N_1}{N_2} (R_2 - R_1), N_1 \leq n \leq N_2 \\ R_{2,n} > N_2 \end{cases}$ <p>, n - номер шага обмена</p>
R1	R_1
R2	R_2
N1	N_1
N2	N_2

- Отключить передачу данных Abaqus→FV** Не передавать данные из **Abaqus** во **FlowVision**
- Отключить передачу данных FV→Abaqus** Не передавать данные из **FlowVision** в **Abaqus**

Введите нужные значения и нажмите **Далше**.

4.9.1.4 Выбор проекта Abaqus

Запуск Abaqus

- Запускать Abaqus автоматически Если отмечена эта кнопка, запуск Abaqus и загрузка проекта Abaqus осуществляется автоматически посредством MPM-Агента. В противном случае Вы должны самостоятельно запустить Abaqus и загрузить нужный проект.
- MPM-Agent IP IP адрес или имя машины, где установлен MPM-Агент
- MPM-Agent порт Порт для соединения MPM-Агента и FlowVision

Прямое соединение

- Abaqus IP IP адрес или имя машины, на которой проинсталлирован Abaqus (нужен только при ручном запуске MPM-Агента)
- Abaqus порт Порт для соединения **FlowVision** и Abaqus

Проект Abaqus

- Файл проекта Полный путь к проекту Abaqus с машины, на которой запускается Abaqus ¹⁾
- Параметры Параметры командной строки Abaqus (Параметры **double, job, port**)

	использовать не надо.)
Режим двойной точности	Запуск Abaqus в режиме двойной точности
Количество процессоров	Количество процессоров, на которых нужно запустить Abaqus
Файл предрасчета	INP-файл проекта Abaqus, результаты расчета которого нужно использовать в качестве начальных данных для Abaqus ^{1,2)}

Сделайте требуемые установки и нажмите **Дальше**. Подготовка совместного проекта закончена. Если проект готовился в режиме Offline, работа с MP Менеджером закончена, Вы можете запустить проект позже либо из MP Менеджера (в режиме Online), либо из Терминала. Если проект готовился в режиме Online, Вы видите окно **MP Manager direct - запуск Солвера**.

Примечания:

¹⁾Расширения INP-файлов Abaqus указывать не нужно.

²⁾Проект предрасчета должен находиться в той же директории, что и запускаемый проект Abaqus.

4.9.2 Запуск на расчет

Запуск расчета	Эта панель содержит основные средства запуска сопряженных расчётов.
Запустить FlowVision Солвер и начать вычисления	Запустить Солвер, загрузить на него подготовленный проект и начать расчет.
Запустить FlowVision Солвер в параллельном режиме на n процессорах	Запустить Солвер в параллельном режиме на n процессорах (число процессоров задается пользователем)
Использовать все ядра каждого процессора	Запустить солвер на всех ядрах используемых процессоров
Использовать m ядер каждого процессора	Запустить солвер на m ядрах используемых процессоров (число ядер задается пользователем)
Солвер для запуска	Командная строка, используемая для запуска солвера (доступно для выбора, если в CFG-файле Солвер-Агента содержится больше одной командной строки для запуска солвера, в интерфейсе отображается параметр description из CFG-файла Солвер-Агента)
Начать расчет сначала	Начать расчет сначала.
Подключить Модуль просмотра результатов	Запустить Модуль просмотра результатов и подключить его к Солверу, на который загружен проект.

Сделайте требуемые установки и нажмите **Дальше**. Сопряжённые расчёты запущены. Работа с MP Менеджером закончена. Если Модуль просмотра результатов запущен, Вы можете наблюдать за развитием решения, используя Слои визуализации, созданные в проекте **FlowVision**. Чтобы остановить расчёт, запустите Терминал.

4.10 Конфигуратор

Конфигуратор - модуль, предназначенный для настройки остальных модулей. Описание Конфигуратора см. [Настройка FlowVision - Конфигуратор](#).

5 Теория

5.1 Основные обозначения

Ниже приведены обозначения, встречающиеся в интерфейсе и различных моделях FlowVision:

Обозначение	Физическая величина	Название в FlowVision ¹⁾	Размерность
c	скорость звука		$\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$
C_p	теплоёмкость	Теплоёмкость	$\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$
D	коэффициент диффузии		$\text{м}^2\cdot\text{с}^{-1}$
F	переменная VOF	ОбъёмФазы	
h	термодинамическая энтальпия ²⁾	Энтальпия	$\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}$
h_0	энтальпия образования при 298.15 К	Теплота образования	$\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}$
$H = h + \frac{V_{abs}^2}{2}$	полная энтальпия	Полная энтальпия	$\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}$
h_g	гидростатический уровень ³⁾		м
J_q	тепловой поток к поверхности	Тепловой поток	$\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2} = \text{кг}\cdot\text{с}^{-3}$
\mathbf{g}	ускорение свободного падения (вектор)	Вектор гравитации	$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$
L	характерный размер		м
L_g	толщина гидростатического слоя ³⁾	g-Толщина	м
m	молярная масса	Молярная масса	$\text{кг}\cdot\text{моль}^{-1}$
$M = \frac{ V }{c}$	число Маха	ЧислоМаха	
\mathbf{n}	нормаль к границе (всегда направлена внутрь расчётной области) (вектор)		
P	относительное давление	Давление	Па
P_{ref}	опорное давление ⁴⁾		Па
P_{hst}	гидростатическое давление ³⁾		Па
$P_{abs} = P + P_{ref} + P_{hst}$	абсолютное давление		Па
P_{tot}	полное давление ⁵⁾		Па
P_s	давление насыщения	Давление насыщения	Па
$Pr = \frac{\mu C_p}{\lambda}$	молекулярное число Прандтля	Прандтль	
Pr_t	турбулентное число Прандтля	ТурбПрандтль	
$q_b = -\mathbf{n} \cdot \left(\lambda + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla T \Big _b$	тепловой поток с границы расчётной области	ТепловойПоток	$\text{кг}\cdot\text{с}^{-3}$ $= \text{Дж}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}$ $= \text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$
$R_A = 8.31441$	универсальная газовая постоянная		$\text{Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$
$Re = \frac{\rho V L}{\mu}$	число Рейнольдса		

Обозначение	Физическая величина	Название в FlowVision ¹⁾	Размерность
$Sc = \frac{\mu}{\rho D}$	молекулярное число Шмидта		
Sc_t	турбулентное число Шмидта		
t	время		с
T	относительная температура	Температура	К
T_{ref}	опорная температура ⁴⁾		К
$T_{abs} = T + T_{ref}$	абсолютная температура		К
T_{tot}	полная температура ⁶⁾	Полная температура	К
T_B	температура кипения	Температура кипения	К
T_m	температура плавления	Температура плавления	К
\mathbf{T}	локальный вращающий момент (вектор)	МоментЛок	кгэс ⁻²
\mathbf{T}_0	идеальный локальный вращающий момент (вектор)	МоментЛокИдеал	кгэс ⁻²
$\partial \mathbf{T} = \mathbf{T} - \mathbf{T}_0$	относительный локальный вращающий момент (вектор)	МоментЛокОтн	кгэс ⁻²
u_τ	скорость вязкого трения		мэс ⁻¹
\mathbf{V}	относительная скорость (вектор)	Скорость	мэс ⁻¹
\mathbf{V}_{abs}	абсолютная скорость (вектор)		мэс ⁻¹
$ \mathbf{V} $	модуль скорости		мэс ⁻¹
$ \mathbf{V}_{abs} $	модуль абсолютной скорости		мэс ⁻¹
$W = \mathbf{T} \cdot \boldsymbol{\omega}$	мощность	МощностьЛок	кгэс ⁻³
$\partial W = \partial \mathbf{T} \cdot \boldsymbol{\omega}$	относительная мощность	МощностьЛокОтн	кгэс ⁻³
X_i	молярная концентрация вещества i (= объёмная концентрация в случае газов)		
Y_i	массовая концентрация вещества i		
y	расстояние до стенки		м
$y^+ = \frac{u_\tau y}{\nu}$	безразмерное расстояние до стенки		
$\gamma = \frac{C_p}{C_p - R_A / m}$	показатель адиабаты газовой смеси		
λ	молекулярная теплопроводность	Теплопроводность	кгэмэс ⁻³ ж ⁻¹
μ	молекулярная динамическая вязкость	Вязкость	кгэм ⁻¹ эс ⁻¹
μ_t	турбулентная динамическая вязкость	ТурбВязкость	кгэм ⁻¹ эс ⁻¹
$\nu = \frac{\mu}{\rho}$	молекулярная кинематическая вязкость		м ² эс ⁻¹
$\nu_t = \frac{\mu_t}{\rho}$	турбулентная кинематическая вязкость		м ² эс ⁻¹
ρ	плотность	Плотность	кгэм ⁻³
ρ_g	гидростатическая плотность ³⁾	g-Плотность	кгэм ⁻³

Обозначение	Физическая величина	Название в FlowVision ¹⁾	Размерность
σ	коэффициент поверхностного натяжения	Поверхностное натяжение	Н м ⁻¹
σ_i	1-й параметр потенциала Леннарда-Джонса	Sigma (LJ6-12)	А
ϵ_i / k	2-й параметр потенциала Леннарда-Джонса	Epsilon/k (LJ6-12)	К
$\hat{\tau}$	тензор вязких напряжений		Па
τ_w	вектор вязких напряжений на твёрдой поверхности		Па
χ	коэффициент сжимаемости жидкости	Коэффициент сжимаемости	м ² Н ⁻¹

Индексы:

- b - значение на границе
- w - значение на стенке
- n - нормальная (к стенке) составляющая вектора
- τ - тангенциальная (к стенке) составляющая вектора

Примечания к таблице:

- ¹⁾ Данная колонка содержит названия свойств и переменных, присутствующих в интерфейсе **FlowVision**.
- ²⁾ Если термодинамическая энтальпия не определена специальным образом, она вычисляется по формуле:

$$h = h_0 + \int_{T_0}^{T_{\text{abs}}} C_p dT$$

- ³⁾ см. раздел [Гидростатика](#)
- ⁴⁾ Опорные величины задаются пользователем в [Общих установках](#).
- ⁵⁾ Для газа см. раздел [Газ](#)
Для жидкости см. раздел [Жидкость](#)
- ⁶⁾ В случае постоянной теплоёмкости

$$T_{\text{tot}} = T + \frac{V_{\text{abs}}^2}{2C_p}$$

В случае переменной теплоёмкости полная температура находится из соотношения

$$h(T_{\text{tot}}) = H$$

5.2 Гидростатика

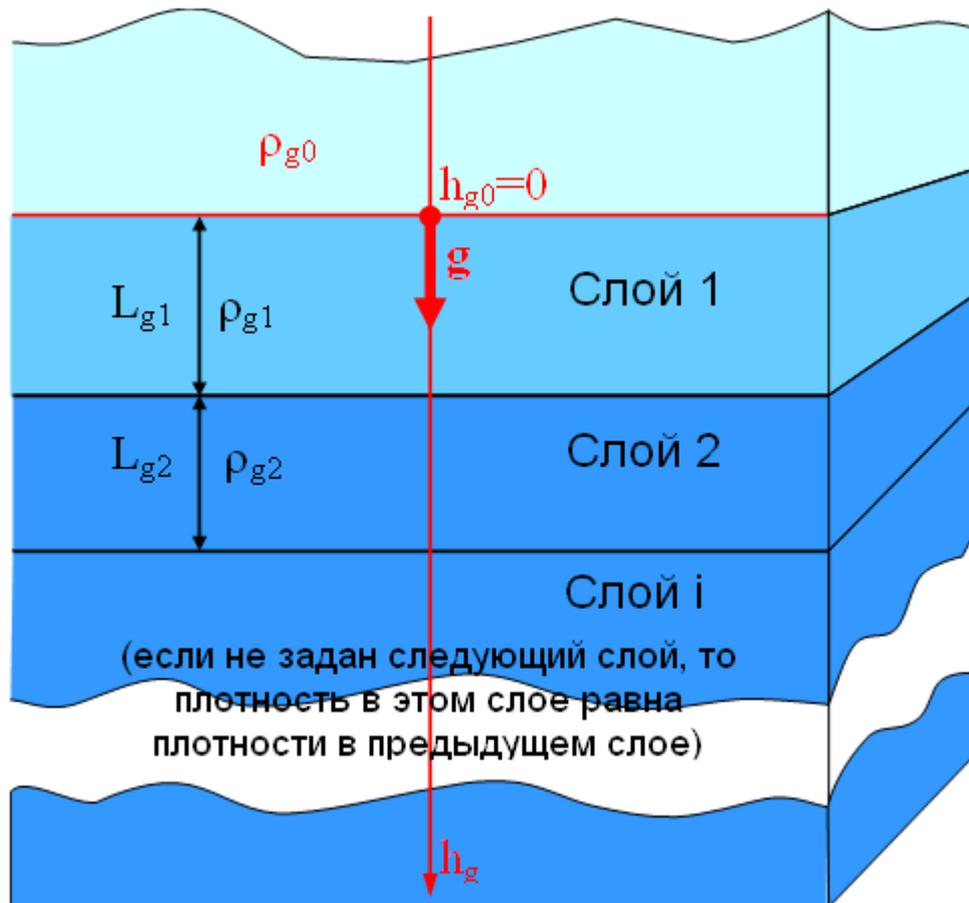
Гидростатическое давление слоя жидкости - это давление слоя несжимаемой жидкости P_{hst} плотности ρ_g и высоты L_g в состоянии покоя.

Гидростатическая плотность - плотность ρ_g , которая используется для расчета гидростатического давления.

Гидростатический слой - слой жидкости высоты L_g , гидростатическая плотность внутри которого постоянна.

Нулевой гидростатический уровень - уровень ($h_{g0}=0$), на котором гидростатическое давление равно нулю ($P_{hst}=0$).

Гидростатический уровень - уровень жидкости, отсчитываемый от нулевого гидростатического уровня в направлении вектора силы тяжести.



Положение нулевого гидростатического уровня определяется положением **g-Точки** (указывается в системе координат расчетной области) и направлением вектора силы тяжести, которые задаются в [Общих установках](#).

Гидростатическое давление рассчитывается следующим образом:

$$P_{hst} = \begin{cases} -\rho_{g0}gh_g & h_g < 0 \\ 0 & h_g = 0 \\ \rho_{g1}gh_g & 0 < h_g < L_{g1} \\ \rho_{g1}gL_{g1} + \rho_{g2}g(h_g - L_{g1}) & L_{g1} < h_g < L_{g1} + L_{g2} \\ \dots & \dots \end{cases}$$

Здесь ρ_{g0} – плотность "над" нулевым гидростатическим уровнем ($h_g < 0$). Если слоев нет, то эта же плотность будет определена и для среды, лежащей "ниже" гравитационного уровня ($h_g > 0$). Если слои есть, то надо задать их плотности $\rho_{g1}, \rho_{g2}, \dots$

5.3 Вещества

Вещество определяется агрегатным состоянием и величинами физических свойств. Агрегатное состояние определяет:

1. Набор физических свойств
2. Способ расчета скорости звука
3. Способ расчета полного давления
4. Уравнение состояния

Доступные агрегатные состояния вещества:

[Твердое тело](#)

[Жидкость](#)

[Газ](#)

5.3.1 Твердое тело

Вещество в агрегатном состоянии Твердое тело обладает физическими свойствами:

Молярная масса
Плотность
Теплопроводность
Удельная теплоемкость
Теплота образования
Температура плавления
Спектр отвердевания

5.3.2 Жидкость

Вещество в агрегатном состоянии Жидкость обладает физическими свойствами:

Молярная масса
Плотность
Вязкость
Теплопроводность
Удельная теплоемкость
Теплота образования
Температура кипения
Поверхностное натяжение
Коэффициент сжимаемости

Скорость звука в Жидкости:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\chi\rho}}$$

(1)

Полное давление в Жидкости:

$$P_{\text{tot}} = P + \frac{1}{2}\rho V_{\text{abs}}^2$$

(2)

5.3.3 Газ

Физические свойства Вещества с агрегатным состоянием Газ:

Молярная масса
Плотность
Вязкость
Теплопроводность
Удельная теплоемкость
Теплота образования
Давление насыщения
Сигма (ЛД6-12)
Эпсилон/к (ЛД6-12)

Скорость звука в Газе:

$$(1) \quad c = \sqrt{\gamma RT}$$

Полное давление в Газе:

$M < 0.3$

$$(2) \quad P_{\text{tot}} = P + \frac{1}{2} \rho V_{\text{abs}}^2$$

$M > 0.3$

$$(3) \quad P_{\text{tot}} = P_{\text{abs}} \left(\frac{T_{\text{tot}}}{T} \right)^{\frac{c_p}{R_A/m}} - P_{\text{ref}}$$

Уравнение состояния Газа:

$$(4) \quad P_{\text{abs}} = \frac{\rho R_A T_{\text{abs}}}{m}$$

5.4 Физические процессы

Физические процессы, протекающие в Фазе, описываются соответствующими переменными и уравнениями.

В настоящий момент можно включать/выключать следующие *Физические процессы*:

- Теплоперенос = конвекция + теплопроводность,
- Движение = течение ньютоновской жидкости,
- Турбулентность = одна из пяти моделей турбулентности,
- Перенос фазы = конвекция свободной поверхности.

5.4.1 Типы границ и граничных условий

Для каждого уравнения, описывающего некоторый физический процесс, определены свои граничные условия. Граничные условия объединены в группы по типам границ:

- 'Стенка'
- 'Симметрия'
- 'Вход/выход'
- 'Свободный выход'
- 'Связанное'
- 'Неотражающее'

В тексте мы эти типы (объединяющие соответствующие граничные условия) будем называть *шаблоны*.

	'Стенка'	'Симметрия'	'Вход/выход'	'Свободный выход'	'Связанное'	'Неотражающее'
Температура	'Значение'	'Нулевой поток'	'Статическая температура'	'Нулевой поток'		'Риман'
	'Нулевой поток'		'Полная температура'	'Значение'		
	'Поток'					
	'Внешнее сопряжение' ¹⁾					
Скорость	'Прилипание'	'Проскальзывание'	'Нормальная массовая скорость'	'Статическое давление'		'Риман'
			'Норм. скорость с давлением'			
	'Логарифмический закон'		'Статическое давление на входе'	'Сверхзвуковой выход'		
			'Полное давление'			
ТурбЭнергия	'Значение в ячейке рядом со стенкой'	'Нулевой поток'	'Пульсации'	'Нулевой поток'		'Пульсации'
	'Значение'		'Значение'	'Значение'		
	'Нулевой поток'					
ТурбДиссипация	'Значение в ячейке рядом со стенкой'	'Нулевой поток'	'Масштаб турбулентности'	'Нулевой поток'		'Масштаб турбулентности'
			'Значение'	'Масштаб турбулентности'		
ТурбКинВязкость	'Фикс. значение'	'Нулевой поток'	'Значение'	'Нулевой поток'		'Значение'
ОбъемФазы	'Нулевой поток'	'Нулевой поток'	'Значение'	'Нулевой поток'		'Значение'

Примечания:

¹⁾ Это граничное условие используется для связи по температуре с Abaqus.

5.4.2 Движение

Выбор **Фаза #i** → **Физические процессы** → **Движение** = 'Ньютоновская жидкость' включает течение ньютоновской жидкости в расчётной области.

5.4.2.1 Параметры

Параметры окна **Фаза #i** → **Физические процессы** → **Движение** (дерево Препроцессора):

Параметр	Значение по умолчанию	Возможные значения	Описание
Мат. модель	(нет)	1. (нет), 2. 'Ньютоновская жидкость'	Модель движения ¹⁾
Искусственная сжимаемость	'Нет'	'Да', 'Нет'	Добавление производной давления по времени в уравнение неразрывности (если 'Да') ²⁾
Скорость звука	0	Определяется задачей ³⁾	Искусственная скорость звука

¹⁾ Модель движения выбирается в окне **Фаза #i** → **Физические процессы**.

²⁾ Искусственная сжимаемость не соответствует истинной сжимаемости. Она позволяет сгладить скачки давления при расчете некоторых нестационарных течений (например, при наличии подвижных тел внутри расчетной области).

³⁾ Рекомендуется задавать значение в 2-3 раза большее максимальной скорости в расчетной области.

5.4.2.2 Уравнения

Интегрируются уравнение неразрывности и уравнения Навье-Стокса:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{V}) = 0$$

$$\frac{\partial \rho \mathbf{V}}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{V} \otimes \mathbf{V}) = -\nabla P + \nabla((\mu + \mu_t)(\nabla \mathbf{V} + (\nabla \mathbf{V})^T)) + \mathbf{S}$$

$$\mathbf{S} = (\rho - \rho_{\text{жид}})\mathbf{g} + \rho \mathbf{B} + \mathbf{R}$$

$$\mathbf{B} = -2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{V} - \boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}$$

Здесь

R – сила изотропного и (или) анизотропного сопротивления,

B – вклад кориолисовой и центробежной сил во вращающейся системе координат.

Реализованный численный алгоритм не зависит от локального числа Маха и позволяет рассчитывать до-, транс-, сверх- и гиперзвуковые течения.

При моделировании взаимодействия жидкости с деформируемым / подвижным телом учитывается изменение скорости поверхности на текущем шаге по времени:

$$\mathbf{V}_w^{n+1} = \mathbf{V}_w^n + \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t} (C + \Delta t^2 M) \cdot \exp\left(-\frac{y}{S}\right)$$

Здесь

$$C = \frac{ds}{dP}$$

– податливость, характеризующая деформируемость материала тела под нагрузкой,

s – смещение поверхности,

dP – приращение давления на шаге по времени,

$$M = \frac{A_w}{m}$$

– мобильность, характеризующая передачу импульса жидкости деформируемому / подвижному телу,

- A_w – площадь поверхности тела, попавшая в данную ячейку,
 m – масса тела, приведённая в движение силой $dP \cdot A_w$ за шаг Δt ,
 y – расстояние по нормали до стенки,
 S – проникновение, определяющее зону влияния ускорения поверхности тела на жидкость.

5.4.2.3 Граничные условия

В данном разделе приводятся граничные условия для Скорости и Давления, соответствующие различным граничным шаблонам.

5.4.2.3.1 Стенка

Прилипание

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$V_b = 0$$

или

$$V_b = V_{\text{стенка}}$$

Проскальзывание

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$V \cdot n|_b = 0$$

$$n \cdot \nabla V_{x,y,z}|_b = 0$$

Здесь n - локальный вектор нормали к стенке.

Логарифмический закон

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$\tau_b = \mu \frac{V_t}{y} \quad \text{если } y^+ < y_t^+$$

$$\tau_b = \rho u_t^2 \frac{V_t}{|V_t|} \quad \text{если } y^+ \geq y_t^+$$

Скорость вязкого трения u_t находится из трансцендентного уравнения

$$|V_t| = \frac{u_t}{\kappa} \ln \left(E \frac{u_t y}{\nu} \right)$$

Место сшивки линейного (вязкого) и логарифмического (турбулентного) профилей скорости находится из трансцендентного уравнения

$$y_t^+ = \frac{1}{\kappa} \ln (E y_t^+)$$

Если $\kappa = 0.4$, $E = 10$, то $y_t^+ = 11.96$.

См. также раздел **Турбулентность** → **Пристенные функции** → **Скорость**.

5.4.2.3.2 Симметрия

Проскальзывание

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$V \cdot n|_b = 0$$

$$n \cdot \nabla V_{x,y,z}|_b = 0$$

Здесь n - локальный вектор нормали к стенке.

5.4.2.3.3 Вход/Выход

Нормальная массовая скорость

Данное условие можно задавать на входе и на выходе. Пользователь задаёт нормальную составляющую массовой скорости:

$$\rho V_{n,b} = \rho V_{n,user}$$

Если $\rho V_{n,user} \geq 0$, то данная поверхность трактуется как "вход".

Если $\rho V_{n,user} < 0$, то данная поверхность трактуется как "выход". При этом в процессе расчета значение массовой скорости переустанавливается в соответствии со следующим правилом:

$$\rho V_{n,b} = - \frac{\sum_{i-\text{входы}} \rho V_{n,i} S_i^{\text{in}}}{S^{\text{out}}}$$

которое обеспечивает выполнение условия баланса массы: сколько втекло – столько вытекло. Здесь S_i^{in} – площади входных сечений, S^{out} – площадь данного выходного сечения.

Нормальная скорость с давлением

Данное условие можно задавать только на входе. Полагается, что скорость направлена по нормали к поверхности входа. Пользователь задаёт модуль скорости и статическое давление на бесконечности:

$$V_{n,b} = V_{user}$$

$$P_b = P_{user}$$

Статическое давление на входе

Данное условие можно задавать только на входе. Пользователь задаёт статическое давление:

$$P_b = P_{user}$$

При этом

$$\mathbf{n} \cdot \nabla V_{x,y,z} \Big|_{\text{w}} = 0$$

Полное давление

Данное условие задаёт дозвуковой вход или выход. В окне **Граничное условие** → **Скорость** пользователь задаёт полное давление:

$$P_{0,b} = P_{user}$$

Скорость, в общем случае, переменна по сечению. Следовательно, статическое давление также переменна по сечению.

В случае входа скорость полагается нормальной к входному сечению.

Вещество → Агрегатное состояние = 'Жидкость'

Вход

Статическое давление определяется по формуле

$$P = P_0 - \rho \frac{V^2}{2}$$

Модуль скорости рассчитывается. Скалярные величины $T, Y_i, k, \epsilon, \omega$ определяются в соответствующих элементах **Граничного условия**.

Выход

$$P = P_0$$

Вектор скорости и скалярные величины $h, Y_i, k, \epsilon, \omega$ сносятся на границу из центра приграничной ячейки.

Вещество → Агрегатное состояние = 'Газ'*Вход*

Если **Граничное условие** → Скорость = 'Полная температура', статическая температура находится из соотношения

$$H(T_0) = h(T) + \frac{V^2}{2}$$

Если **Граничное условие** → Скорость = 'Статическая температура', данное соотношение используется для нахождения полной температуры. В частном случае постоянной теплоемкости

$$T_0 = T + \frac{V^2}{2C_p}$$

Статическое давление находится из соотношения

$$P_0 = P \left(\frac{T_0}{T} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

При малых числах Маха:

$$P_0 = P + \rho \frac{V^2}{2}$$

Модуль скорости рассчитывается. Скалярные величины $Y_i, k, \varepsilon, \omega$ определяются в соответствующих элементах **Граничного условия**.

Выход

$$P = P_0$$

Вектор скорости и скалярные величины $H, Y_i, k, \varepsilon, \omega$ сносятся на границу из центра приграничной ячейки.

Скорость с давлением

Данное условие можно задавать только на входе. Предполагается, что скорость направлена произвольным образом. Пользователь задаёт вектор скорости и статическое давление на бесконечности:

$$\mathbf{V}_b = \mathbf{V}_{user}$$

$$P_b = P_{user}$$

5.4.2.3.4 Свободный выход**Статическое давление**

Пользователь задаёт статическое давление:

$$\begin{cases} P_b = P_{user} & M < 1 \\ \mathbf{n} \cdot \nabla P_b = 0 & M \geq 1 \end{cases}$$

При этом

$$\mathbf{n} \cdot \nabla V_{x,y,z} \Big|_b = 0$$

Сверхзвуковой выход

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$\mathbf{n} \cdot \nabla P_b = 0$$

$$\mathbf{n} \cdot \nabla V_{x,y,z} \Big|_b = 0$$

5.4.2.3.5 Связанное

При выборе шаблона 'Связанное' и создании связи (связывании данного граничного условия с условием из другой подобласти) на данной поверхности автоматически устанавливается шаблон 'Стенка'.

5.4.2.3.6 Неотражающее

Риман

Данное условие можно задавать на входе и на выходе.

В окне **Граничное условие** → **Скорость** пользователь задаёт x, y, z компоненты скорости на бесконечности и статическое давление на бесконечности.

Вещество → Агрегатное состояние = 'Жидкость'

В этом случае **Неотражающее** → **Скорость** → 'Риман' = **Свободный выход** → **Скорость** → 'Статическое давление'.

Вещество → Агрегатное состояние = 'Газ'

В этом случае требуется значение статической температуры на бесконечности. Для этого нужно

- в окне **Граничное условие** задать Температура = 'Риман' (на самом деле это граничное условие для Температуры устанавливается автоматически при выборе шаблона 'Неотражающее'),
- в окне **Граничное условие** → **Температура** задать значение статической температуры на бесконечности.

Условие позволяет моделировать до-, транс- и сверхзвуковое втекание и вытекание через поверхность. Условие учитывает направление распространения возмущений. Поэтому возмущения не отражаются от 'Римановских' поверхностей. Римановские условия рекомендуется устанавливать на внешних границах в задачах внешнего обтекания и при моделировании взрывов. Использование Римановских условий позволяет не отодвигать далеко внешние границы.

Нормальная компонента скорости и скорость звука:

Полагается, что нормаль к границе направлена внутрь расчётной области.

$$V_{n,b} = \frac{1}{2}(R_1 + R_2)$$

$$c_b = \frac{1}{4}(R_1 - R_2)(\gamma_b - 1)$$

Здесь

$$R_1 = V_{n,cell} + \frac{2c_{cell}}{\gamma_{cell} - 1} \quad \text{если } V_{n,cell} + c_{cell} < 0$$

- сверхзвуковой выход

$$R_1 = V_{n,\infty} + \frac{2c_\infty}{\gamma_\infty - 1} \quad \text{если } V_{n,cell} + c_{cell} \geq 0$$

- дозвуковой выход

$$R_2 = V_{n,\infty} - \frac{2c_\infty}{\gamma_\infty - 1} \quad \text{если } V_{n,cell} - c_{cell} > 0$$

- сверхзвуковой вход

$$R_2 = V_{n,cell} - \frac{2c_{cell}}{\gamma_{cell} - 1} \quad \text{если } V_{n,cell} - c_{cell} \leq 0$$

- дозвуковой вход

$$\gamma_b = \sqrt{\gamma_\infty \gamma_{cell}}$$

Сверхзвук:

$$|V_{n,b}| > c_b$$

$$V_{i,b} = V_{i,\infty} \quad \text{если } V_{n,b} > 0$$

- вход

$$V_{i,b} = V_{i,cell} \quad \text{если } V_{n,b} \leq 0$$

- выход

$$\begin{aligned}
 P_b &= P_\infty && \text{если } V_{n,b} > 0 && \text{- ВХОД} \\
 P_b &= P_{\text{cell}} && \text{если } V_{n,b} \leq 0 && \text{- ВЫХОД} \\
 T_b &= T_\infty && \text{если } V_{n,b} > 0 && \text{- ВХОД} \\
 T_b &= T_{\text{cell}} && \text{если } V_{n,b} \leq 0 && \text{- ВЫХОД}
 \end{aligned}$$

Дозвук:

$$\begin{aligned}
 |V_{n,b}| &\leq c_b \\
 V_{ib} &= V_{i\infty} + n_i \frac{P_\infty - P_b}{\rho_b c_b} && \text{если } V_{n,b} > 0 && \text{- ВХОД} \\
 V_{ib} &= V_{i\text{cell}} - n_i \frac{P_{\text{cell}} - P_b}{\rho_b c_b} && \text{если } V_{n,b} \leq 0 && \text{- ВЫХОД} \\
 \rho_b &= \left(\frac{c_b^2}{\gamma_b S} \right)^{\frac{1}{n-1}} \\
 P_b &= \rho_b \frac{c_b^2}{\gamma_b} \\
 T_b &= \frac{c_b^2}{\gamma_b \frac{R_A}{m_b}}
 \end{aligned}$$

Здесь

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{P_\infty}{\rho_\infty^{\gamma_\infty}} && \text{если } V_{n,b} > 0 \\
 S &= \frac{P_{\text{cell}}}{\rho_{\text{cell}}^{\gamma_{\text{cell}}}} && \text{если } V_{n,b} \leq 0 \\
 m_b &= m_\infty && \text{если } V_{n,b} > 0 \\
 m &= m_{\text{cell}} && \text{если } V_{n,b} \leq 0
 \end{aligned}$$

Полная энтальпия:

$$H = h(T_b, C_b) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 V_{ib}^2$$

Остальные скалярные величины:

$$\begin{aligned}
 f_b &= f_\infty && \text{если } V_{n,b} > 0 \\
 f &= f_{\text{cell}} && \text{если } V_{n,b} \leq 0
 \end{aligned}$$

Обозначения:

R_1, R_2 - инварианты Римана,

S - энтропия,

$f = Y_i, k, \varepsilon, \omega$

Остальные обозначения - см. **Основные обозначения**.

Индексы:

- ∞ - значение на бесконечности,
- b - значение на границе,
- cell - значение в центре масс приграничной ячейке,
- n - нормальная составляющая скорости,
- i=1,2,3 - компоненты скорости.

5.4.3 Теплоперенос

Выбор **Фаза #i** → **Физические процессы** → **Теплоперенос** = 'Конвекция и теплопроводность' включает перенос тепла в расчётной области указанными механизмами.

5.4.3.1 Уравнения

Для жидкости:

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \nabla(\rho V h) = \frac{dP}{dt} + \nabla \left(\left(\frac{\lambda}{C_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla h \right) + Q_{vis} + Q_{user}$$

Для газа:

$$\frac{\partial(\rho H)}{\partial t} + \nabla(\rho V H) = \frac{\partial P}{\partial t} + \nabla \left(\left(\frac{\lambda}{C_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla H \right) + Q_{vis} + Q_{user}$$

Здесь

h – термодинамическая энтальпия

$H = h + \frac{V^2}{2}$ – полная энтальпия,

Q_{vis} – источник тепла за счёт вязкой диссипации (различный для жидкости и газа),

Q_{user} – пользовательский источник тепла.

При отсутствии движения решается уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\frac{\lambda}{C_p} \nabla h \right) + \frac{Q_{user}}{\rho}$$

5.4.3.2 Граничные условия

В данном разделе приводятся граничные условия для Температуры, соответствующие различным граничным шаблонам.

5.4.3.2.1 Стенка

Значение

Пользователь задаёт значение статической температуры:

$$T_b = T_{user}$$

Нулевой поток

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$q_b = 0$$

Поток

Пользователь задаёт значение теплового потока:

$$q_b = q_{user}$$

Внешнее сопряжение

Пользователю ничего задавать не нужно.

Это граничное условие используется для связи по температуре с конечно-элементной системой Abaqus. Из Abaqus в **FlowVision** передается распределение температуры по общей границе. Эти значения температуры определяют граничное условие для уравнения энергии в **FlowVision**. Рассчитанные в **FlowVision** тепловые потоки передаются в Abaqus.

5.4.3.2.2 Симметрия

Нулевой поток

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$q_b = 0$$

5.4.3.2.3 Вход/Выход

Статическая температура

Пользователь задаёт значение статической температуры:

$$T_b = T_{user}$$

Полная температура

Пользователь задаёт значение полной температуры:

$$T_{0,b} = T_{user}$$

Статическая температура находится из соотношения

$$H(T_0) = h(T) + \frac{V^2}{2}$$

В частном случае постоянной теплоемкости

$$T_0 = T + \frac{V^2}{2C_p}$$

5.4.3.2.4 Свободный выход

Нулевой поток

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$q_b = 0$$

Значение

Пользователь задаёт значение статической температуры:

$$T_b = T_{user}$$

5.4.3.2.5 Связанное

При выборе шаблона 'Связанное' и создании связи (связывании данного граничного условия с условием из другой подобласти) на данной поверхности автоматически устанавливается шаблон 'Стенка'.

5.4.3.2.6 Неотражающее

Риман

Это граничное условие для Температуры устанавливается автоматически при выборе шаблона 'Неотражающее'. Пользователь задаёт значение статической температуры на бесконечности:

$$T_\infty = T_{user}$$

5.4.4 Турбулентность

Модель турбулентного течения основана на использовании в уравнениях Навье-Стокса турбулентной вязкости μ_t . Определение μ_t зависит от выбранной модели турбулентности.

Во **FlowVision** доступны следующие модели турбулентности:

1. стандартная k-ε модель,
2. низкорейнольдсовая k-ε модель,
3. квадратичная k-ε модель,
4. SA (Spalart-Allmaras),
5. SST (Shear Stress Transport).

Выбор модели турбулентности доступен после определения типа движения.

5.4.4.1 Обозначения

Обозначение	Название	Переменная в FlowVision	Размерность
k	Турбулентная энергия	ТурбулентнаяЭнергия	[м ² с ⁻²]
ε	Скорость диссипации турбулентной энергии	ТурбулентнаяДиссипация	[м ² с ⁻³]
ω	Удельная скорость диссипации турбулентной энергии		[с ⁻¹]
ν	Молекулярная кинематическая вязкость		[м ² с ⁻¹]
ν _t	Турбулентная кинематическая вязкость		[м ² с ⁻¹]
μ _t	Турбулентная динамическая вязкость	ТурбВязкость	[кгм ⁻¹ с ⁻¹]
Pr _t	Турбулентное число Прандтля		
Sc _t	Турбулентное число Шмидта		
y	Расстояние до ближайшей стенки		[м]
$y^+ = \frac{u_\tau y}{\nu}$	Безразмерное расстояние до ближайшей стенки	Уплюс	
h _s	Эквивалентная "песочная" шероховатость		[мкм]
$h_s^+ = \frac{u_\tau h_s}{\nu}$	Безразмерная эквивалентная "песочная" шероховатость		
u _τ	Скорость сдвига		[мс ⁻¹]
τ = ρu _τ ²	Вязкое напряжение на стенке		[Нм ⁻²]
Φ	Потенциал расстояния		[м ²]
$S_{ij} = \frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i}$	Удвоенный тензор скоростей деформации		[с ⁻¹]
$\Omega_{ij} = \frac{\partial V_i}{\partial x_j} - \frac{\partial V_j}{\partial x_i}$	Удвоенный тензор вращения		[с ⁻¹]
β* = 0.09	Часто используемый коэффициент		
K	постоянная Кармана		
E	постоянная в логарифмическом законе		
b	'входная' или начальная турбулиизация потока	Пульсация	
l	'входной' или начальный масштаб турбулентности	Масштаб турбулентности	[м]
V _{ini}	скорость потока на входе		[мс ⁻¹]
V _{ini}	начальная скорость потока		[мс ⁻¹]
$u^* = \beta^{1/4} k^{1/2}$	опорная скорость при вычислении вязкого напряжения на стенке в случае неравновесной турбулентности		[мс ⁻¹]

Обозначение	Название	Переменная в FlowVision	Размерность
	$\nabla_n k _{wall} = 0$		

Индексы:

b	- значение на границе
w	- значение на стенке
n	- нормальная (к стенке) составляющая вектора
τ	- тангенциальная (к стенке) составляющая вектора
cell	- значение в центре ячейки

5.4.4.2 Параметры

Параметры окна Фаза #i → Физические процессы → Турбулентность (дерево Препроцессора)

Параметр	Значение по умолчанию	Возможные значения	Описание
Мат. модель	(нет)	1. (нет), 2. 'Стандартная k-ε модель', 3. 'Низкорейнольдсовая k-ε модель', 4. 'Квадратичная k-ε модель', 5. 'SST модель', 6. 'SA модель'	Модель турбулентности ¹⁾
Взаимодействие со стенкой	'Пристенная функция, равновесие'	1. 'Пристенная функция, равновесие' ²⁾ 2. 'Пристенная функция, неравновесие' ³⁾ 3. 'Нет пристенной функции' ⁴⁾	Параметр определяет а) способ вычисления вязких напряжений на стенке, б) способ вычисления теплового потока на стенке, в) доступные комбинации граничных условий для типа границы Стенка .
Прандтль	1	0.1 - 2	Турбулентное число Прандтля
Шмидт	1	0.1 - 2	Турбулентное число Шмидта
E, лог. закон	9	9 - 10	
Постоянная Кармана	0.41	0.38 - 0.42	
Константа шероховатости	0.246	0.1 - 0.5	

¹⁾ Модель турбулентности выбирается в окне **Фаза #i → Физические процессы**.

²⁾ 'Пристенная функция, равновесие':

- вязкие напряжения на стенке вычисляются с использованием [пристенной функции для скорости](#)
- тепловой поток на стенке вычисляется с использованием [пристенной функции для теплового потока](#)

- граничные условия для k, ε, ω и v_t:

- для k, ε, ω задаётся граничное условие 'Значение в ячейке рядом со стенкой',
- для v_t задаётся граничное условие 'Фикс. значение' (v_t=0)

³⁾ 'Пристенная функция, неравновесие':

- вязкие напряжения на стенке вычисляются с использованием [пристенной функции для скорости](#)
- тепловой поток на стенке вычисляется с использованием [пристенной функции для теплового потока](#)

- граничные условия для k, ε, ω и v_t:

- для k задаётся граничное условие 'Нулевой поток',
- для ε, ω задаётся граничное условие 'Значение в ячейке рядом со стенкой',
- для v_t задаётся граничное условие 'Фикс. значение' (v_t=0)

⁴⁾ 'Нет пристенной функции':

- вязкие напряжения на стенке вычисляются без использования пристенных функций
- тепловой поток на стенке вычисляется без использования пристенной функции
- граничные условия для k, ε, ω и v_t:

- а) для k задается граничное условие 'Фикс. значение' ($k=0$),
 б) для ε и ω задается граничное условие 'Значение в ячейке рядом со стенкой',
 в) для v_t задается граничное условие 'Фикс. значение' ($v_t=0$)

Параметры папки Доп. настройки → Турбулентность (дерево Управления)

Параметр	Значение по умолчанию	Возможные значения	Описание
Дист. через потенциал	'Да'	'Да', 'Нет' ¹⁾	Способ вычисления расстояния до стенки в пристенной ячейке
Ню турб. мин. / Ню мол.	10^{-3}	Определяется задачей ²⁾	Безразмерный ограничитель турбулентной кинематической вязкости снизу
Ню турб. макс. / Ню мол.	10^5	Определяется задачей	Безразмерный ограничитель турбулентной кинематической вязкости сверху
Y+ мин.	1	Определяется задачей	Ограничитель безразмерного расстояния до сенки снизу
Шероховатость+ мин.	1	Определяется задачей	Ограничитель безразмерной шероховатости снизу

¹⁾ Если задано 'Нет', то расстояние до стенки вычисляется как минимум расстояний от центра (обрезанной) ячейки до фасеток, оказавшихся в данной ячейке.

²⁾ Рекомендуемое значение: 10^{-3} .

5.4.4.3 Уравнения

В этом разделе описаны модели турбулентности и пристеночные модели.

5.4.4.3.1 Стандартная и Низкорейнольдсовая (AKN) k-ε модели

В этих моделях турбулентная динамическая вязкость выражается через величины k и ε следующим образом:

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} f_\mu$$

Уравнения для k и ε :

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{V}k) = \nabla \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla k \right) + \mu_t G - \rho \varepsilon + \Phi_k$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{V}\varepsilon) = \nabla \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right) + C_1 \frac{\varepsilon}{k} \mu_t G - C_2 f_1 \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + \Phi_\varepsilon$$

Обозначения:

$$G = D_{ij} \frac{\partial V_i}{\partial x_j}$$

$$D_{ij} = S_{ij} - \frac{2}{3} \left(\nabla \cdot \mathbf{V} + \frac{\rho k}{\mu_t} \right) \delta_{ij}$$

$$S_{ij} = \frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i}$$

Параметры:

$$\sigma_k = 1; \quad \sigma_\varepsilon = 1.3; \quad C_\mu = 0.09; \quad C_1 = 1.44; \quad C_2 = 1.92$$

Демпфирующие функции и дополнительные члены:

Параметр	Стандартная k-ε модель	Низкорейнольдсовая k-ε модель AKN
f_μ	1	$\exp\left(-\frac{3.4}{(1+0.02Re_t)^2}\right)$
f_1	1	$1-0.3\exp(-Re_t^2)$
Φ_k	0	$2\mu(\nabla\sqrt{k})^2 = \frac{\mu}{2k}(\nabla k)^2$
Φ_ε	0	$2\mu\frac{\mu_t}{\rho}(\Delta V_x + \Delta V_y + \Delta V_z)^2$

$$Re_t = \frac{\rho k^2}{\mu \varepsilon}$$

Подробное описание стандартной k-ε модели см. в работе [1], описание низкорейнольдсовой k-ε модели AKN – в работе [2].

5.4.4.3.2 Нелинейная (квадратичная) k-ε модель

Отличается от стандартной k-ε модели только выражением для величины D_{ij} :

$$D_{ij} = S_{ij} - \frac{2}{3} \left(\nabla \cdot \mathbf{V} + \frac{\rho k}{\mu_t} \right) \delta_{ij} - C_1 \frac{k}{\varepsilon} \left[S_{ik} S_{kj} - \frac{1}{3} \delta_{ij} S_{kl} S_{kl} \right] - C_2 \frac{k}{\varepsilon} \left[\Omega_{ik} S_{kj} + \Omega_{jk} S_{ki} \right] - C_3 \frac{k}{\varepsilon} \left[\Omega_{ik} \Omega_{jk} - \frac{1}{3} \delta_{ij} \Omega_{kl} \Omega_{kl} \right]$$

$$\Omega_{ij} = \frac{\partial V_i}{\partial x_j} - \frac{\partial V_j}{\partial x_i}$$

Параметры:

$$C_\mu = \frac{c_{A0}}{c_{A1} + c_{A2} \mathfrak{S} + c_{A3} \mathfrak{Q}}$$

$$C_1 = \frac{c_{NL1}}{(c_{NL6} + c_{NL7} \mathfrak{S}^3) C_\mu}$$

$$C_2 = \frac{c_{NL2}}{(c_{NL6} + c_{NL7} \mathfrak{S}^3) C_\mu}$$

$$C_3 = \frac{c_{NL3}}{(c_{NL6} + c_{NL7} \mathfrak{S}^3) C_\mu}$$

$$\mathfrak{S} = \frac{k}{\varepsilon} S$$

$$\mathfrak{Q} = \frac{k}{\varepsilon} \Omega$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{2} S_{kl} S_{kl}}$$

$$\Omega = \sqrt{\frac{1}{2} \Omega_{k1} \Omega_{k1}}$$

$$C_{A0} = 0.667, \quad C_{A1} = 1.25, \quad C_{A2} = 1, \quad C_{A3} = 0.9$$

$$C_{NL1} = 0.75, \quad C_{NL2} = 3.75, \quad C_{NL3} = 4.75, \quad C_{NL6} = 1000, \quad C_{NL7} = 1$$

Описание нелинейной к-ε модели см. в работе [3].

5.4.4.3.3 Модель SST (Shear Stress Transport)

В этой модели турбулентная динамическая вязкость выражается через величины k и ω следующим образом:

$$\mu_t = \rho \frac{0.31k}{\max[0.31\omega, F_2 F_3 S]}$$

Уравнения для k и ω

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{V}k) = \nabla \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla k \right) + \bar{P}_k - \rho \beta^* k \omega$$

$$\frac{\partial(\rho \omega)}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{V}\omega) = \nabla \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega} \right) \nabla \omega \right) + \rho \alpha G - F_4 \rho \beta \omega^2 + D_\omega$$

Обозначения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{2} S_{ij} S_{ij}}$$

$$S_{ij} = \frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i}$$

$$\bar{P}_k = \min \left(P_k, 10 \cdot \beta_\omega^* \rho k \omega \right), \quad P_k = \mu_t G$$

$$G = D_{ij} \frac{\partial V_i}{\partial x_j}$$

$$D_{ij} = S_{ij} - \frac{2}{3} \left(\nabla \cdot \mathbf{V} + \frac{\rho k}{\mu_t} \right) \delta_{ij}$$

$$D_\omega = 2(1 - F_1) \rho \sigma_{\omega,2} \frac{1}{\omega} \nabla k \cdot \nabla \omega$$

$$F_1 = \tanh(\Phi_1^4)$$

$$F_2 = \tanh(\Phi_2^2)$$

$$\Phi_1 = \min \left[\max \left(\frac{\sqrt{k}}{\beta_\omega^* \omega y}, \frac{500\mu}{\rho y^2 \omega} \right), \frac{4\sigma_{\omega,2} \rho k}{D_\omega^+ y^2} \right]$$

$$\Phi_2 = \max \left(2 \frac{\sqrt{k}}{\beta_\omega^* \omega y}, \frac{500\mu}{\rho y^2 \omega} \right)$$

$$D_\omega^+ = \max \left[2\sigma_{\omega,2} \rho \frac{1}{\omega} \nabla k \cdot \nabla \omega, 10^{-10} \right]$$

$$F_3 = 1 - \tanh \left[\left(\frac{150\mu}{\rho y^2 \omega} \right)^4 \right]$$

$$F_4 = \frac{1}{1 + 3.6 \cdot Ri}$$

$$Ri = \frac{\Omega}{S} \left(\frac{\Omega}{S} - 1 \right)$$

$$\Omega = \sqrt{\frac{1}{2} \Omega_{ij} \Omega_{ij}}$$

$$\Omega_{ij} = \frac{\partial V_i}{\partial x_j} - \frac{\partial V_j}{\partial x_i}$$

$$\sigma_k = \frac{1}{F_1 \sigma_{k,1} + (1 - F_1) \sigma_{k,2}}$$

$$\sigma_\omega = \frac{1}{F_1 \sigma_{\omega,1} + (1 - F_1) \sigma_{\omega,2}}$$

$$\alpha = F_1 \cdot 5/9 + (1 - F_1) \cdot 0.44$$

$$\beta^* = \beta_\omega^* (1 + \zeta^* F(M_t))$$

$$\beta = F_1 \cdot 0.075 + (1 - F_1) \cdot 0.0828 - \beta_\omega^* \zeta^* F(M_t)$$

$$F(M_t) = \begin{cases} 0 & M_t \leq M_{t0} \\ M_t^2 - M_{t0}^2 & M_t > M_{t0} \end{cases}$$

$$M_t^2 = \frac{2k}{a^2}$$

- y – расстояние до ближайшей стенки
 a – скорость звука

Параметры:

$$\sigma_{k,1} = 0.85, \quad \sigma_{\omega,1} = 0.5, \quad \sigma_{k,2} = 1, \quad \sigma_{\omega,2} = 0.856$$

$$\beta_\omega^* = 0.09$$

$$k = 0.41$$

$$\zeta^* = 1.5, \quad M_{t0} = 0.25$$

Описание SST $k-\omega$ модели см. в работе [4], учёт сжимаемости - см. [1], учёт кривизны линии тока и коэффициент F_3 взяты из [5].

5.4.4.3.4 Модель SA (Spalart-Allmaras)

В этой модели турбулентная динамическая вязкость выражается следующим образом:

$$\mu_t = \rho \nu_t f_{v1}$$

Уравнение для турбулентной кинематической вязкости:

$$\frac{\partial(\rho \nu_t)}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{V} \nu_t) = \frac{1}{\sigma_\nu} \left[\nabla((\mu + \rho \nu_t) \nabla \nu_t) + C_{b2} \rho |\nabla \mathbf{V}_t|^2 \right] + C_{b1} \rho \tilde{\Omega} \nu_t - C_{w1} \rho f_w \left(\frac{\nu_t}{y} \right)^2$$

Демпфирующие функции и параметры:

$$f_{v1} = \frac{\chi^3}{\chi^3 + C_{v1}^3}$$

$$f_{v2} = 1 - \frac{\chi}{1 + \chi f_{v1}}$$

$$\chi = \frac{V_t}{v}$$

$$\tilde{\Omega} = \Omega + \frac{V_t}{k^2 y^2} f_{v2}$$

$$\Omega = \sqrt{\frac{1}{2} \Omega_{kl} \Omega_{kl}}$$

$$f_w = g \left[\frac{1 + C_{w3}^6}{g^6 + C_{w3}^6} \right]^{1/6}$$

$$g = r + C_{w2} (r^6 - r)$$

$$r = \frac{V_t}{\tilde{\Omega} k^2 y^2}$$

$$C_{b1} = 0.1355, \quad C_{b2} = 0.622, \quad \sigma_v = \frac{2}{3}, \quad C_{v1} = 7.1,$$

$$C_{w1} = \frac{C_{b1}}{k^2} + \frac{1 + C_{b2}}{\sigma_v}, \quad C_{w2} = 0.3, \quad C_{w3} = 2, \quad k = 0.4187$$

Подробное описание SA модели см. в работе [1].

5.4.4.3.5 Расстояние до ближайшей стенки

В моделях SST и SA используется расстояние до ближайшей стенки y . Оно вычисляется по формуле:

$$y = -|\nabla\Phi| + \sqrt{|\nabla\Phi|^2 + 2\Phi}$$

где Φ – потенциал расстояния, определяемый из уравнения Пуассона:

$$\nabla^2\Phi = -1$$

Граничные условия для этого уравнения устанавливаются автоматически:

$$\Phi = 0 \quad \text{на стенке}$$

$$\nabla_n \Phi = 0 \quad \text{на остальных границах}$$

5.4.4.3.6 Пристенные функции

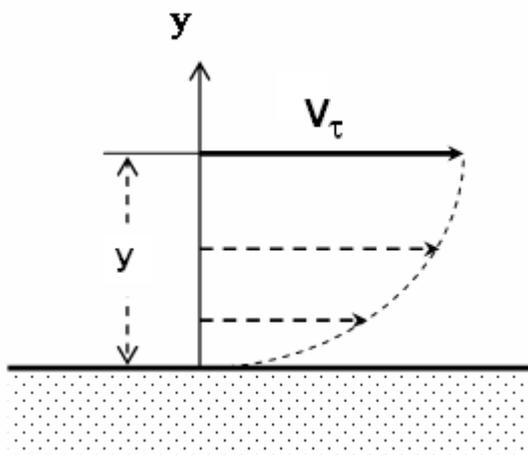
5.4.4.3.6.1 Скорость

Представим вектор скорости в *приграничной* ячейке в виде суммы двух векторов:

$$(1) \quad \mathbf{V} = \mathbf{V}_n + \mathbf{V}_\tau$$

где \mathbf{V}_n и \mathbf{V}_τ – нормальная и касательная составляющие вектора скорости к граничной поверхности.

Вблизи стенки касательная составляющая вектора скорости жидкости изменяется от величины \mathbf{V}_τ до нуля (условие прилипания):



Касательная составляющая вектора скорости жидкости вблизи стенки.

Введем безразмерное расстояние до стенки:

$$y^+ = \frac{u_\tau y}{\nu}$$

(2) где скорость сдвига u_τ :

$$u_\tau = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}$$

(3)

Вязкий подслой:

$$y^+ < 2.5 \div 3$$

(4) Здесь

$$\tau = \rho u_\tau^2 = \mu \frac{|V_\tau|}{y}$$

(5)

или иначе $u^+ = y^+$, где $u^+ = \frac{|V_\tau|}{u_\tau}$

Логарифмический подслой:

$$30 < y^+ < 300$$

(6) Здесь

$$u^+ = \frac{1}{\kappa} \ln(Ey^+)$$

(7)

Уравнение (7) используется для нахождения u_τ по известным $|V_\tau|$ и y , после чего вычисляется вязкое напряжение по формуле (5).

Сшивка:

Буферный слой располагается в интервале:

$$3 < y^+ < 30$$

(8)

Здесь производится сшивка линейного (вязкого) и логарифмического профилей скорости, определяемая уравнением:

$$y^+ = \frac{1}{\kappa} \ln(Ey^+)$$

(9)

Таким образом, для $y^+ < y^+$ вязкое напряжение на стенке вычисляется по формуле $\tau = \mu \frac{V_\tau}{y}$,

для $y^+ > y^*_t$ вязкое напряжение на стенке вычисляется по формуле $\tau = \rho u_t^2$.

Если $K=0.4$, $E=10$, то $y^*_t = 11.96$

5.4.4.3.6.2 Тепловой поток

При турбулентном теплообмене со стенкой температурный пограничный слой моделируется с использованием пристеночной функции, предложенной в работе [6].

Введем безразмерную величину

$$T^+ = \frac{T - T_w}{q_w} \rho u_t C_p$$

T_w – температура стенки

T – температура в ячейке, примыкающей к стенке

q_w – тепловой поток от стенки

Вязкий подслой:

$$T^+_{\text{lim}} = \text{Pr} \cdot y^+$$

Логарифмический подслой:

$$T^+_{\text{turb}} = \text{Pr}_t \cdot \left\{ \frac{1}{\kappa} \ln(Ey^+) + 9.24 \left[\left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_t} \right)^{3/4} - 1 \right] \left[1 + 0.28 \exp\left(-0.007 \frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_t} \right) \right] \right\}$$

Сшивка:

$$T^+ = \exp(\Gamma) \cdot T^+_{\text{lim}} + \exp\left(\frac{1}{\Gamma}\right) \cdot T^+_{\text{turb}}$$

$$\Gamma = -\frac{a(\text{Pr} \cdot y^+)^4}{1 + b \cdot \text{Pr}^3 y^+}$$

$a=0.01$

$b=5$

5.4.4.3.6.3 Турбулентная энергия

Вязкий подслой:

$$k \sim y^2$$

Логарифмический подслой:

$$k = \frac{u_t^2}{\sqrt{\beta^*}}$$

Сшивка:

$$k = \frac{\left(\min\left(\frac{y^+}{y^*_t}, 1 \right) u_t \right)^2}{\sqrt{\beta^*}}$$

5.4.4.3.6.4 Удельная турбулентная диссипация

Вязкий подслой:

$$\omega_{\text{lim}} = \frac{80\nu}{y^2}$$

Логарифмический подслоя:

$$\omega_{\text{turb}} = \frac{u_{\tau}}{\sqrt{\beta^* k y}}$$

Сшивки:

$$\omega = \max(\omega_{\text{lam}}, \omega_{\text{turb}})$$

5.4.4.3.6.5 Турбулентная диссипация

Диссипация турбулентной энергии в пристенных ячейках вычисляется по k и ω :

$$\varepsilon = \beta^* k \omega$$

5.4.4.3.7 Учет шероховатости

Шероховатость поверхности стенки приводит к увеличению сопротивления, оказываемого такой стенкой движению жидкости, по сравнению с гладкой стенкой. При этом шероховатость может быть равномерной ("песочной") и неравномерной. Оба вида шероховатости различают по форме бугорков, их размерам, промежуткам между ними и т.д. Ввиду того, что геометрические характеристики шероховатости не могут в достаточной степени определять сопротивление стенки, введено понятие об эквивалентной "песочной" шероховатости h_s , которая определяется путем измерения сопротивления. Под эквивалентной "песочной" шероховатостью понимается тот размер зерен песка, который дает такой же коэффициент сопротивления, как и фактическая шероховатость (песочная шероховатость использовалась Н. Никурадзе в опытах по определению сопротивления в шероховатых трубах). Во **FlowVision** эквивалентная "песочная" шероховатость задается в мкм.

Введем понятие безразмерной эквивалентной "песочной" шероховатости:

$$(1) \quad h_s^+ = \frac{u_{\tau} h_s}{\nu}$$

При течении в шероховатых трубах следует различать три режима [7]:

1. Режим без проявления шероховатости, при котором

$$0 \leq h_s^+ \leq 5$$

Сопротивление зависит только от Re.

Размеры зерен, образующих шероховатость при таком гидравлически гладком режиме, столь малы, что все выступы элементов шероховатости лежат внутри вязкого подслоя.

2. Переходный режим, при котором

$$5 \leq h_s^+ \leq 70$$

Сопротивление зависит от шероховатости и Re.

Элементы шероховатости частично выступают из вязкого подслоя. Дополнительное, по сравнению с гладкими трубами, сопротивление возникает в основном вследствие сопротивления формы элементов шероховатости, выступающих из вязкого подслоя.

3. Режим с полным проявлением шероховатости, при котором

$$h_s^+ > 70$$

Сопротивление определяется преимущественно шероховатостью.

Все элементы шероховатости выступают из вязкого подслоя. Преобладающая часть сопротивления состоит из сопротивления формы отдельных элементов шероховатости.

5.4.4.3.7.1 Скорость

Влияние шероховатости на профиль скорости учитывается посредством введения эффективной молекулярной вязкости [8]:

$$(1) \quad \mu_{\text{eff}} = \mu + 0.246 \rho u_{\tau} h_s$$

Тогда в области действия линейного профиля u_{τ} находится из квадратного уравнения:

$$(2) \quad \rho u_{\tau}^2 = (\mu + 0.246 \rho u_{\tau} h_s) \frac{U}{y}$$

а в области действия логарифмического профиля – из уравнения:

$$(3) \quad \frac{y^+}{1+0.246h_s^+} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{E y^+}{1+0.246h_s^+} \right),$$

Отметим, что при ненулевой шероховатости место сшивки линейного и логарифмического профилей сдвигается:

$$(4) \quad y_*^+ \Big|_{rough} = y_*^+ \Big|_{smooth} (1+0.246 h_s^+)$$

5.4.4.3.7.2 Тепловой поток

Влияние шероховатости на тепловой поток учитывается коррекцией коэффициентов [a](#) и [b](#):

$$(1) \quad a = 0.01 \cdot c$$

$$(2) \quad b = \frac{5}{c}$$

$$\text{где } c = \exp(0.246 \cdot h_s^+)$$

5.4.4.3.7.3 Удельная турбулентная диссипация

$$(1) \quad \omega = \max(\omega_{lam}, \omega_{turb})$$

$$\omega = \omega_{turb} = \frac{u_\tau}{\sqrt{\beta^+} \kappa y}$$

(2)
где

$$\omega_{lam} = \frac{\omega_w}{\left(1 + y \sqrt{\frac{\omega_w}{80\nu}}\right)^2}$$

(3)

$$\omega_w = \begin{cases} \frac{u_\tau^2}{\nu} \frac{2500}{h_s^{+2}} & h_s^+ < 25 \\ \frac{u_\tau^2}{\nu} \frac{100}{h_s^+} & h_s^+ \geq 25 \end{cases}$$

$$h_s^+ = \max(h_s^+, h_{s,min}^+)$$

5.4.4.4 Граничные условия

В данном разделе приводятся граничные условия для $k, \varepsilon, \omega, \nu_t$, соответствующие различным граничным шаблонам.

- При использовании $k-\varepsilon$ моделей задаются условия для k и ε .
- При использовании модели SST $k-\omega$ задаются условия для k и ω .
- При использовании модели SA задаётся условие для ν_t .

5.4.4.4.1 Стенка

Граничные условия для турбулентных характеристик определяются выбранной моделью взаимодействия потока со стенкой.

Взаимодействие со стенкой	Переменная	Граничное условие
'Пристенная функция, равновесие'	k	'Значение в ячейке рядом со стенкой'
	ε	'Значение в ячейке рядом со стенкой'
	ω	'Значение в ячейке рядом со стенкой'
	ν_t	'Фикс. значение'
'Пристенная функция, неравновесие'	k	'Нулевой поток'
	ε	'Значение в ячейке рядом со стенкой'
	ω	'Значение в ячейке рядом со стенкой'
	ν_t	'Фикс. значение'
'Нет пристенной функции'	k	'Фикс. значение'
	ε	'Значение в ячейке рядом со стенкой'
	ω	'Значение в ячейке рядом со стенкой'
	ν_t	'Фикс. значение'

Значение в ячейке рядом со стенкой

Пользователю ничего задавать не нужно. Значения турбулентных характеристик в пристенных ячейках рассчитываются автоматически:

$$k = \frac{\left(\min \left(\frac{y^+}{y_s^+}, 1 \right) u_\tau \right)^2}{\sqrt{\beta^*}}$$

$$\omega = \max(\omega_{\text{lam}}, \omega_{\text{turb}})$$

$$\varepsilon = \beta^* k \omega$$

где

$$\omega_{\text{lam}} = \frac{\omega_w}{\left(1 + y \sqrt{\frac{\omega_w}{80\nu}} \right)^2}$$

$$\omega_w = \begin{cases} \frac{u_\tau^2}{\nu} \frac{2500}{h_s^{+2}} & h_s^+ < 25 \\ \frac{u_\tau^2}{\nu} \frac{100}{h_s^+} & h_s^+ \geq 25 \end{cases}$$

$$h_s^+ = \max(h_s^+, h_{s,\text{min}}^+)$$

$$\omega_{\text{turb}} = \begin{cases} \frac{u_\tau}{\sqrt{\beta^*} k y} & \text{'Пристенная функция, равновесие'} \\ \frac{u_\tau}{\sqrt{\beta^*} k y} & \text{'Пристенная функция, неравновесие'} \end{cases}$$

$$u^* = \beta^{*1/4} k^{1/2}$$

Нулевой поток

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$\mathbf{n} \cdot \nabla k_b|_b = 0$$

Значение

Пользователю ничего задавать не нужно - физическими являются значения по умолчанию:

$$k_b = 0$$

$$v_{t,b} = 0$$

5.4.4.4.2 Симметрия

Нулевой поток

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$\mathbf{n} \cdot \nabla k_b|_b = 0$$

$$\mathbf{n} \cdot \nabla \varepsilon_b|_b = 0$$

$$\mathbf{n} \cdot \nabla \omega_b|_b = 0$$

$$\mathbf{n} \cdot \nabla v_{t,b}|_b = 0$$

5.4.4.4.3 Вход/Выход

Пульсации скорости

Это - граничное условие только для k :

$$k_b = \frac{(b_{\text{user}} |V_{\text{in}}|)^2}{2}$$

$V_{\text{in}} < 0.03$ – скорость потока на входе.

Пользователь задает безразмерный параметр b :

$b_{\text{user}} < 0.03$ – низкая турбулизация потока,

$0.03 < b_{\text{user}} < 0.05$ – средняя турбулизация потока,

$0.05 < b_{\text{user}} < 0.1$ – высокая турбулизация потока.

В случае выхода $k_b|_b$ не используется.

Масштаб турбулентности

Это - граничное условие для ε или ω .

$$\varepsilon_b = C_\mu \frac{k_b^{3/2}}{l}$$

$$\omega_b = \frac{k_b^{1/2}}{l}$$

$l = I_{\text{user}} \cdot d$ – масштаб турбулентности,

d – характерный линейный размер задачи.

Пользователь задает безразмерный масштаб турбулентности I_{user} :

$I_{\text{user}} < 0.03$ – низкая турбулизация потока,

$0.03 < I_{user} < 0.1$ – средняя турбулизация потока,
 $0.1 < I_{user} < 0.2$ – высокая турбулизация потока.

В случае выхода ε_b и ω_b не используются.

Значение

Пользователь задает значение соответствующей величины:

$$k_b = k_{user}$$

$$\varepsilon_b = \varepsilon_{user}$$

$$\omega_b = \omega_{user}$$

$$v_{t,b} = v_{t,user}$$

В случае выхода пользовательские значения турбулентных характеристик не используются.

5.4.4.4 Свободный выход

Нулевой поток

- см. шаблон 'Симметрия'.

Пульсации скорости (граничное условие для k)

Масштаб турбулентности (граничное условие для ε или ω)

- см. шаблон 'Вход/Выход'.

Эти условия имеют смысл, если возможен вток через выход. При вытекании жидкости/газа через данную поверхность заданные значения турбулентных характеристик не используются.

Значение

- см. шаблон 'Вход/Выход'.

Условие имеет смысл, если возможен вток через выход. При вытекании жидкости/газа через данную поверхность заданные значения турбулентных характеристик не используются.

5.4.4.5 Связанное

При выборе шаблона 'Связанное' и создании связи (связывании данного граничного условия с условием из другой подобласти) на данной поверхности автоматически устанавливается шаблон 'Стенка'.

5.4.4.6 Неотражающее

Пульсации скорости (граничное условие для k)

Масштаб турбулентности (граничное условие для ε или ω)

- см. шаблон 'Вход/Выход'.

В случае выхода заданные значения турбулентных характеристик не используются.

Значение

- см. шаблон 'Вход/Выход'.

В случае выхода заданные значения турбулентных характеристик не используются.

5.4.4.5 Начальные условия

Для всех моделей пользователь задает **начальную турбулизацию потока**, через безразмерный параметр

$$0 \leq b_{ini} \leq 1$$

$b < 0.03$ – низкая турбулизация потока,

$0.03 < b < 0.05$ – средняя турбулизация потока,

$0.05 < b < 0.01$ – высокая турбулизация потока.

и начальный размерный масштаб турбулентности $10^{-4} \leq l \leq l_{max}$, который можно оценить следующим образом:

$$(1) \quad l = I \cdot d$$

- $I < 0.03$ – низкая турбулизация потока,
 $0.03 < I < 0.1$ – средняя турбулизация потока,
 $0.1 < I < 0.2$ – высокая турбулизация потока.
 d – характерный линейный размер задачи.

Остальные величины определяются автоматически по заданным пользователем параметрам в зависимости от используемой модели турбулентности:

Модели k-ε

$$(2) \quad k_{ini} = \frac{(b|V_{ini}|)^2}{2}$$

$$(3) \quad \varepsilon_{ini} = C_\mu \frac{k_{ini}^{3/2}}{l}$$

Здесь V_{ini} – начальная скорость потока.

Модель SST

$$(4) \quad k_{ini} = \frac{(b|V_{ini}|)^2}{2}$$

$$(5) \quad \omega_{ini} = \frac{k_{ini}^{1/2}}{l}$$

Модель SA

$$(6) \quad v_{t,ini} = \sqrt{0.5} |V_{ini}| b l$$

5.4.4.6 Литература

1. Wilcox, D. C. Turbulence modeling for CFD, *DCW Industries, Inc.*, 460 p, 1994.
2. Jagadeesh, P. and Murali, K., 2005, "Application of Low-Re Turbulence Models for Flow simulations past Underwater Vehicle Hull Forms," *Journal of Naval Architecture and Marine Engineering*, June 2005, pp. 41-54.
3. Lien, F.S., Chen, W.L., and Leschziner, M.A. Low-Reynolds-Number Eddy-Viscosity Modelling Based on Non-Linear Stress-Strain/Vorticity Relations, *Proc. 3rd Symp. on Engineering Turbulence Modelling and Measurements, Crete, Greece*, 1996.
4. Menter, F.R., Kuntz, M., and Langtry, R., 2003, "Ten years of Industrial Experience with the SST Turbulence Model," *Turbulence, Heat and Mass Transfer 4*, Begell House, Inc.
5. Bondar, T. and Prihoda J., 2006, "Numerical Simulation of Turbulent Free-Surface Flow in Curved Channel," *Applied Scientific Research (Springer)*, Vol. 76, No. 4, June 2006, pp. 429-442.
6. Kader, B.A., 1981, "Temperature and concentration profiles in fully turbulent boundary layers," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 24, No. 9, pp.1541-1544.
7. Шлихтинг, Теория пограничного слоя, Москва, Наука, 1974.
8. Souders, D. T. and Hirt C.W., 2002, "Modeling Roughness Effects in Open Channel Flows," *Flow Science Technical Note (FSI-02-TN60)*, 10 p.

5.4.5 Перенос фазы

Выбор Фаза #i → Физические процессы → Перенос фазы = 'Модель VOF' включает расчёт движения межфазной границы (границ).

Перенос фазы описывается уравнением для объёмной доли этой (сплошной) фазы в ячейке ('Volume Of Fluid' = VOF).

Переменная VOF принимает значения от 0 (Газ) до 1 (Жидкость) - см. рисунок. При $0 < VOF < 1$ ячейка содержит межфазную границу. Граница представляется набором фасеток.



Аппроксимация свободной поверхности

Модель предназначена для моделирования течения несмешиваемых жидкостей с межфазными границами / свободными поверхностями. Например, она используется при расчёте течения около корабля, заполнения формы расплавленным металлом и т. п.

5.4.5.1 Уравнения

Интегрируется уравнение для переменной VOF:

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \mathbf{V} \nabla F = 0$$

Свойства жидкости (плотность, молекулярная вязкость, молекулярная теплопроводность, теплоёмкость,...) вычисляются по формуле

$$f = F \cdot f_{\text{liq}} + (1 - F) \cdot f_{\text{gas}}$$

При ненулевом значении поверхностного натяжения на межфазной границе учитывается давление Лапласа:

$$P_{\text{liq}} = P_{\text{gas}} + \sigma \cdot \text{div } \mathbf{n}$$

Здесь

- σ – коэффициент поверхностного натяжения,
- \mathbf{n} – нормаль к межфазной границе.

5.4.5.2 Граничные условия

В данном разделе приводятся граничные условия для переменной ОбъёмФазы (VOF), соответствующие различным граничным шаблонам.

5.4.5.2.1 Стенка

Пользователь задаёт **Контактный угол** (0 соответствует идеальной смачиваемости).

Нулевой поток

На стенке автоматически задаётся нулевой градиент переменной VOF:

$$\mathbf{n} \cdot \nabla F|_b = 0$$

5.4.5.2.2 Симметрия

Нулевой поток

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$\mathbf{n} \cdot \nabla F_b = 0$$

5.4.5.2.3 Вход/Выход

Значение

Пользователь задаёт значение переменной VOF:

$$F_b = F_{user}$$

5.4.5.2.4 Свободный выход

Нулевой поток

Пользователю ничего задавать не нужно.

$$\mathbf{n} \cdot \nabla F_b = 0$$

Значение

Пользователь задаёт значение переменной VOF:

$$F_b = F_{user}$$

5.4.5.2.5 Связанное

При выборе шаблона 'Связанное' и создании связи (связывании данного граничного условия с условием из другой подобласти) на данной поверхности автоматически устанавливается шаблон 'Стенка'.

5.4.5.2.6 Неотражающее

Значение

Пользователь задаёт значение переменной VOF:

$$F_b = F_{user}$$

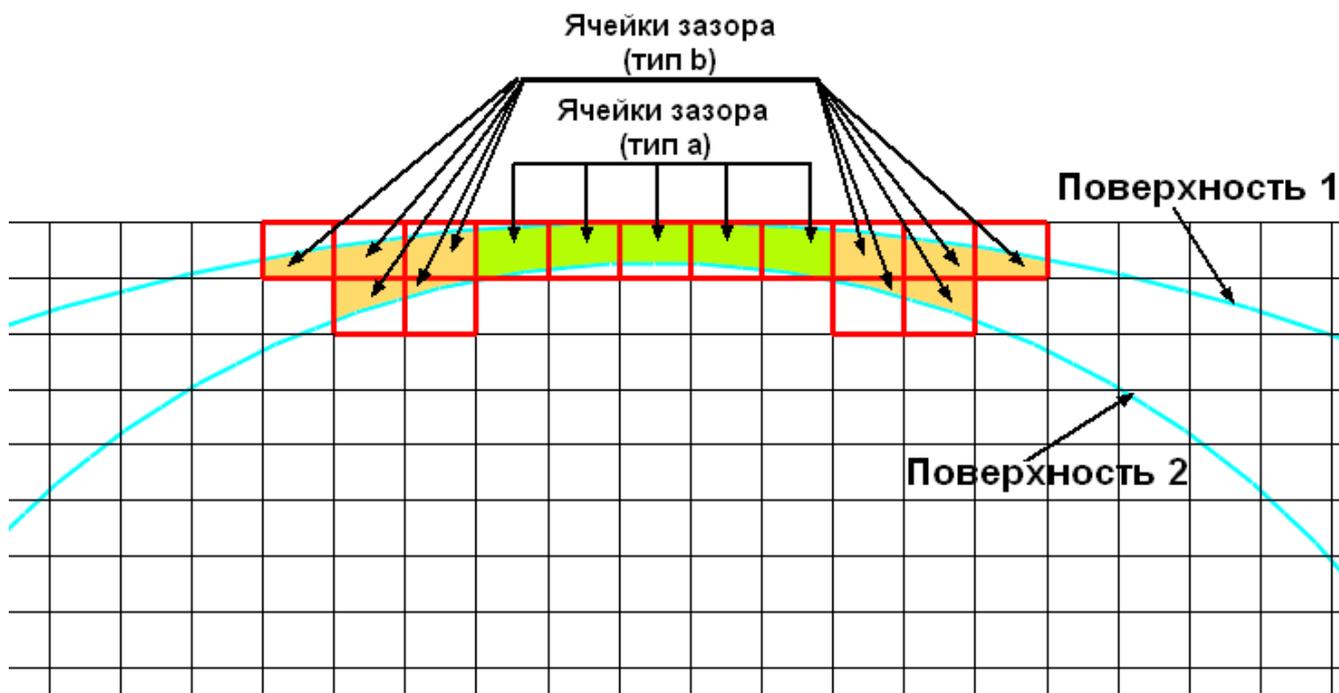
5.4.6 Модель зазора

Выбор **Модель #i** → Использовать модель зазора = 'Стандартная модель зазора' включает дополнительный источниковый (силовой) член в уравнениях Навье-Стокса.

Модель зазора предназначена для учета сопротивления, создаваемого узким каналом. Она нужна для того, чтобы не разрешать канал расчетной сеткой. Модель работает только в *ячейках зазора*.

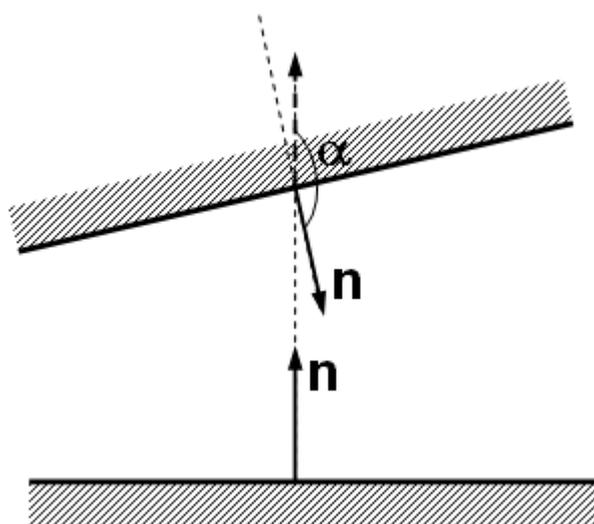
Ячейка расчетной сетки считается *ячейкой зазора*, если

1. Она ограничена двумя *зазор-образующими поверхностями*, либо она ограничена одной *зазор-образующей поверхностью*, а другая *зазор-образующая поверхность* ограничивает соседнюю ячейку;
2. Расстояние между *зазор-образующими поверхностями* меньше [максимального зазора](#).



Две поверхности считаются зазор-образующими, если

1. Они принадлежат разным граничным условиям типа 'Стенка',
2. Угол между нормальными к ним лежит в диапазоне $120 < \alpha < 180^\circ$.



FlowVision определяет ячейки зазора автоматически по указанным условиям.

5.4.6.1 Параметры

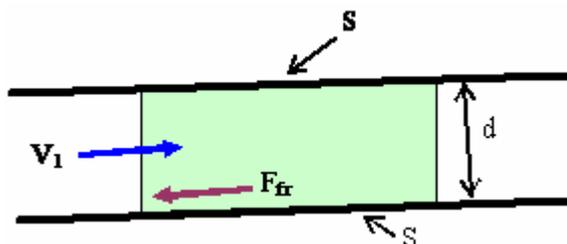
Параметры окна Модель #i → Стандартная модель зазора (дерево Препроцессора):

Параметр	Значение по умолчанию	Возможные значения	Описание
Мин. зазор	0.000001	Определяется задачей	Ограничитель расстояния между зазор-образующими поверхностями снизу (Если в некоторой ячейке расстояние оказывается меньше, устанавливается заданное значение.)
Макс. зазор	1	Определяется задачей	Ограничитель расстояния между зазор-образующими поверхностями сверху (Если расстояние оказывается больше,

			устанавливается заданное значение.)
--	--	--	-------------------------------------

5.4.6.2 Уравнения

'Стандартная модель зазора' предполагает, что в зазоре имеет место плоское течение Пуазейля. Это - ламинарное течение (число Рейнольдса - мало) с параболическим профилем скорости.



Рассмотрим ячейку зазора объемом Ω . По сути, она представляет собой узкий канал шириной d и с площадью границ $2S$. Пусть поперек зазора реализуется параболический профиль скорости со средней скоростью вдоль канала V_1 . Тогда объемная сила трения в ячейке будет равна

$$(1) \quad F = -\frac{12\mu V_1 S}{d \cdot \Omega}$$

Учитывая, что $\Omega = S \cdot d$, получим

$$(2) \quad F = -\frac{12\mu V_1}{d^2}$$

Перепишем силу трения в векторной форме. Для стабильности алгоритма запишем её в виде закона Дарси

$$(3) \quad \mathbf{F} = -\rho D \mathbf{V}$$

где

$$(4) \quad D = \frac{6\mu}{\rho d^2} > 0$$

При решении уравнений Навье-Стокса в ячейках зазора добавляется сила трения в виде (3).

Генерация тепла в зазоре за счёт вязкой диссипации учитывается дополнительным источником членом G_{visc} в уравнении энергии.

Для жидкости

$$G_{visc} = \frac{\mu_{mol}}{d} \int_{-d/2}^{d/2} (V')^2 dy = \frac{\mu_{mol}}{d^2} \left[12 \left(\langle V \rangle - \frac{1}{2} (V_{w1} + V_{w2}) \right)^2 + (V_{w2} - V_{w1})^2 \right]$$

Для газа

$$\begin{aligned} G_{visc} &= \frac{\mu_{mol}}{d} (V_{w1} V'(-d/2) - V_{w2} V'(d/2)) = \\ &= \frac{\mu_{mol}}{d^2} \left[6(V_{w2} + V_{w1}) \left(\langle V \rangle - \frac{1}{2} (V_{w1} + V_{w2}) \right) - (V_{w2} - V_{w1})^2 \right] \end{aligned}$$

Здесь

y – координата поперёк зазора, отсчитываемая от его середины,

$\langle V \rangle$ – средняя скорость жидкости/газа в зазоре,

V_{w1}, V_{w2} – скорости стенок.

Предметный указатель

А

ABAQUS 50, 149, 152

ANSYS 50, 149, 152

Л

layers

– palette 124

– update 124

Local ID 34, 36, 38

М

MESH 50, 149

MPI 20

Н

NASTRAN 50, 149, 153

С

STL 50, 149

W

WRML 50, 149

А

авторизация

– пользователя 40

автосохранение 105

адаптация 55, 94

– к решению 95

АЛИС 55

В

ВГД 12

– общие принципы 14

вектор

– гравитации 82

Вектор скорости с давлением 186

величины

– опорные 82

версия FlowVision 34

вещество 50, 52, 83

выбор

– элементов геометрии 73

Выход 186

Г

геометрия

– группы 91

гидродинамика

– вычислительная гидродинамика 12

гидростатика 178

гравитация 82

граничное условие 53, 90

граничные связи 90

граничные условия 15

график 147

Д

Давление 186

Движение 184

допуск 66

– геометрический 80

Ж

жидкость

– Ньютоновская 185

З

зазор 209

запись

– нестационарная 105

значение

– начальное 52, 54, 84, 96

И

имя

– лицензионное 34, 36, 38

интегрирование по времени 56

– предиктор-корректор 103

– совместное 103

– стандартное 103

Инфо 142, 144

– Характеристики 117, 139

информация

– лицензионная 34, 36, 38

– регистрационная 34, 36, 38

итерации 56, 103

К

кластер 20, 47

ключ

– лицензионный 34, 36, 38

компоненты FlowVision

– версии 20

– клиентские 19

– серверные 19

контекстное меню 74, 109

– слоя 124

конфигурирование

– ошибка создания сокетов 33

критерий

– адаптации 94

критерий адаптации 55

Л

линия 109

лицензионный сервер 34

лицензия 36, 38

– дата окончания 34

– ошибка 37

– ПреПостПроцессор 66

– регистрация 36, 38

– срок действия 34

лицензия 36, 38

– срок регистрации 34

М

Массоперенос 184

машина

– клиентская 20

– многопроцессорная 20

– солверная 20

меню

– Вид 69

– контекстное 109

– объекта 109

– Справка 69

– Файл 64

модель 52, 86

– геометрическая 50, 149

– зазора 209

– математическая 15

– физическая 52

модификатор 91

Модуль Просмотра Результатов 164

монитор 147

мышь 73

Н

настройка

– угла зрения 74

начальные условия 15

невязки 106

нестационарная

– запись 105

Нормальная скорость с давлением 186

О

область

– применения 13

– расчета 14

объект

– геометрический 89, 107

– импортированный 92, 114

– линия 109

– параллелепипед 112

– плоскость 110

– пространство 109

окно

– Протокол 149

– свойств 75

– сообщений 149

– статус расчета 147

ошибка 170

– получения лицензии 37

– соединения с Лицензионным сервером 37

– создания сокетов 33

П

пакетный режим 168

панель инструментов 69

– Виды 70

– Картинки 71

– Навигация 72

– Режимы 71

– Сеть 72

– Солвер 71

– Стандарт 69

– Твердые тела 70

параллелепипед 112

пароль

– лицензионный 34, 36, 38

перегруппировка 153

перенос фазы 184, 207

плоскость 110

погрешность

– относительная 56, 103

подвижное тело 92

подобласть 89, 149

постпроцессор 107

потенциал расстояния 199

предупреждение 170

ПреПостПроцессор

– настройки 66

Препроцессор 80

проект 50

– клиентская часть 62

– новый 50

– создание 50

– солверная часть 62

пространство 109

процесс

– физический 184

Р

регион 80

регистрация

– лицензии 36, 38

– пользователя 40, 41

решатель

– алгебраический 56, 103

С

связи

– граничные 53

сетка

– Адаптация 56

– начальная 55

– объемная 50, 149

– поверхностная 50, 149

– расчетная 15, 55, 99

слой

– Вектора 137

– График вдоль кривой 140

– График вдоль прямой 138

слой

- График вдоль эллипса 143
- Набор ячеек 135
- Начальная сетка 130
- Объем фазы 145
- Отладочная ячейка 133
- Расчетная сетка 130
- Система координат 129
- специальный 123
- стандартный 123
- Твердые тела 127
- Характеристики 116
- Цветовая заливка 136

солвер 50, 168

- запуск в графической среде 155
- запуск из командной строки 168
- запуск из Терминала 161
- синхронизация 157

солвер-агент 40

супергруппа 115

схема

- разностная 56, 103
- скошенная 56, 103

сходимость

- по сетке 16

Т

теплоперенос 184, 191

терминал 159, 161

течение

- внешнее 14
- внутреннее 14

тип границ 53

типы границ 184

требования

- системные 18

турбулентность 184, 193

- k-ε модель 195, 196
- SA модель 198
- SST модель 197

У

увеличение 73

уменьшение 73

управление

- в графическом окне 73
- расчетом 56

управление расчетом 103

уравнения

- Навье-Стокса 12

уровень

- гидростатический 82
- нулевой гидростатический 82

условие

- граничное 15, 90
- начальное 15, 54, 96

– останова 105

установка FlowVision

- Linux 22
- Windows 20

установки

- общие 82

Ф

фаза

- взаимодействие фаз 50, 52, 86
- дисперсная 84
- сплошная 84

файлы

- проекта 62

физические процессы 52

- движение 84
- движение раздела 84
- массоперенос 84
- теплоперенос 84
- турбулентность 84

Ч

число

- Куранта 56
- Маха 185

Ш

шаг

- по времени 56, 103

шероховатость 202